

Leena Pokela

# TAHTITUOTANTOON SOPIVAT ALIHAN- KINTASOPIMUKSET JA ALIHANKINTO- JEN PÄIVITTÄISOHJAUS

Diplomityö  
Rakennetun ympäristön tiedekunta  
Tarkastaja: Arto Saari  
Tarkastaja: Jussi Savolainen  
Joulukuu 2019

# TIIVISTELMÄ

Leena Pokela: Tahtituotantoon sopivat alihankintasopimukset ja alihankintojen päivittäisohjaus  
Diplomityö  
Tampereen yliopisto  
Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma  
Joulukuu 2019  
Tarkastajat: Professori Arto Saari ja yliopisto-opettaja Jussi Savolainen

---

Rakennusalailla tuottavuus on heikkoa ja läpimenoajat pitkiä. Rakennushankkeiden tuottavuuden parantamiseen on haettu apua Lean-filosofiasta, jolla pyritään lyhentämään läpimenoaikoja ja minimoimaan hukkaa. Tässä diplomityössä käsitellään Lean-filosofiaan pohjautuvaa tahtituotantoa.

Tämän diplomityön tavoitteena oli selvittää kahden korjausrakentamisen tahtituotannolla valmistuneen pilottityömaan tahtituotannon ja päivittäisohjauksen kehityksen tilanne. Tämä tarkoitti tahtituotannonvalvonnan ja -ohjauksen lisäksi myös aliurakoitsijoiden sitoutumista tahtituotantoon. Näiden lisäksi tutkittiin kahden pilottityömaan osalta sitä, kuinka tahtisuunnittelua ja päivittäisohjausta voitaisiin vielä parantaa. Pääpaino tutkimuksessa oli päivittäisohjauksessa.

Tutkimus tehtiin aineisto- ja haastattelututkimuksen pohjalta. Tutkimuksessa käytettävä aineisto koostui pilottityömaiden pilvipalveluun dokumentoidusta aineistosta. Lisäksi tutkimuksessa käytettiin toisen pilottityömaan osalta tämän diplomityön tekijän havainnointia. Haastattelututkimuksessa tutkimusmenetelmänä oli puolistrukturoitu haastattelu. Haastateltavina oli kummankin pilottityömaan työpäälliköt, vastaavat työnjohtajat, tuotantoinsinöörit, työnjohtaja ja toisen pilottityömaan osalta silloinen työnjohtoharjoittelija. Haastatteluun osallistui myös kummaltakin pilottityömaalta aliurakoitsijan työnjohtaja.

Tutkimusaineiston ja haastattelututkimuksen perusteella puutteita oli vielä tahtisuunnitelman teossa, kuten tuotannon tasapainottamisessa ja vaunujen rakentamisessa. Erityisesti muutostyöt koettiin tahtituotannossa haasteellisiksi. Ne tulisi jättää tutkimuksen perusteella pois tahtiaikataulusta, mikäli mahdollista. Muutostöille tulisi varata oma työryhmä, jotta tahti ei vaarantuisi. Pilottityömaiden tahtiaikataulut koettiin hyvin visuaalisiksi. Niiden avulla työntekijät saivat nopeasti käsityksen omista aikataulullisista tavoitteistaan.

Tuotannonohjauksen ja -valvonnan osalta pilottityömailla aikatauluseuranta oli aktiivisempaa kuin tavanomaisilla työmailla. Tuotannonohjauksen ja -valvonnan apuna käytettiin paljon erilaisia työkaluja, erityisesti aikataulunhallinta ohjelmistoja, valvontavinjettiä, estelokia ja Last Planner -menetelmää. Pilottityömaiden logistiikka perustui Just-In-Time eli JIT-periaatteeseen.

Nokkamiespalaverit nousivat vahvasti esille haastatteluissa. Haastattelujen perusteella aliurakoitsijoiden nokkamiehiä ja työnjohtajia tulisi ottaa enemmän tahtituotannonsuunnitteluun mukaan. Niiden ottamisella jokapäiväiseen käyttöön työmaan alusta asti uskottiin haastattelujen perusteella olevan myös vaikutusta aliurakoitsijoiden parempaan sitoutumiseen tahtituotannossa. Nokkamiespalaverien pitäminen työmaalla katsottiin olevan niille oikea ympäristö toisin kuin työmaatoimisto. Rahallisia kannustimia pilottityömailla ei käytetty. Ne koettiin etenkin kilpailu-urakoinnissa haasteelliseksi. Rahallisten kannustimien ja nokkamiespalavereiden käyttöä aliurakoitsijoiden sitouttamisessa tahtituotannossa tulisi vielä pilotoida.

Avainsanat: päivittäisohjaus, tahtikontrolli, tahtisuunnittelu, alihankinta

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# ABSTRACT

Leena Pokela: Suitable subcontracting agreements and daily management for takt production

Master's thesis

Tampere University

Master's Degree Programme in Civil Engineering

December 2019

Examiners: Professor Arto Saari and University Teacher Jussi Savolainen

---

In the construction industry productivity is low and lead times are long. With Lean-philosophy, construction projects have sought help to minimize waste and reduce lead times. The focus of this thesis is on takt production which is based on Lean-philosophy.

The objective of this master's thesis was to research the development of takt production controls and daily management. Data for this thesis was gathered from two pilot renovation construction sites which were completed with takt production method. This also required the subcontractors to apply the takt production method. In addition, the objective was to find out how takt planning and daily management could be further improved. The focus of the research was on daily management.

The research was based on data containing documentation of two renovation projects and interviews of project stakeholders. In addition, the writer's observations from one of the pilot sites were used. The interviews conducted were semi-structured. Construction managers, general foremen, production engineers and site supervisors of both sites participated in the interviews. Additionally, the subcontractor's supervisors from both pilot sites also participated in the interviews.

According to the research, there are still weaknesses in takt planning, such as takt levelling and combining work packages. In particular, the extras were considered challenging in takt production. Based on the research conducted, the extras should be left out from the takt schedule if possible. The separate resources should be dedicated to the extras to ensure that takt production will remain uninterrupted. The takt schedules of the pilot sites were considered to be highly visual and gave the employees a quick idea of the goals of the schedule.

While researching the production control, it was found that the schedule control was more actively used on the pilot sites than on the conventional sites. There were many different daily management tools in production control on the pilot sites, especially production planning software, vignette, obstacle log and the Last Planner –method. The logistics of the pilot sites were set up based on the Just-In-Time (JIT) principle.

Based on the interviews, the subcontractors' foremen and site supervisors should be more involved in the design of construction production. Foremen's meetings came up in the interviews as a way to also affect the commitment of the subcontractors to takt production. Running the foremen's meetings on the site was considered to be more suitable environment compared to the site office. Financial incentives were not used at the pilot sites. There is still a need to pilot the financial incentives and the foreman's meetings for takt production.

Keywords: daily management, takt control, takt planning, subcontracting

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

# ALKUSANAT

Tämä diplomityö on laadittu Tampereen yliopiston rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkintoa varten. Työn aihe haluttiin YIT Suomi Oy:n puolelta liittyvän tahtituotantoon, sillä sitä pilotoidaan nyt paljon niin Suomessa kuin ulkomaillakin. Työn varsinaisen aiheen antoi Tampereen yliopiston professori Arto Saari.

Haluan kiittää Tampereen yliopiston diplomityönohjaajiani Arto Saarta ja Jussi Savolaista sekä YIT Suomi Oy:ltä Salla Willbergiä kommenteista ja työn ohjaamisesta. Iso kiitos erityisesti pilottityömaiden haastatteluun osallistuille henkilöille, jotka hektisen työmaa-arjen keskeltä löysivät aikaa haastattelulle. Lisäksi haluan kiittää myös esimiestäni, jolta olen saanut paljon joustoa työaikojen sovittelussa niin koulun ja kuin tämän diplomityönosalta.

Haluan kiittää vielä veljeäni ja hänen puolisoaan DI-vaiheen opintojen aikaisesta sohva-majoituksesta Tampereen Härmälässä.

Helsingissä, 12.12.2019

Leena Pokela

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
1.1 Tutkimuksen tausta .....	1
1.2 Tavoitteet, tutkimuskysymys ja raja .....	2
1.3 Tutkimuksen toteutus, menetelmät ja aineisto .....	2
2. KIRJALLISUUSKATSAUS .....	4
2.1 Tahtituotannon menetelmän tausta .....	4
2.2 Tahtisuunnittelu .....	5
2.3 Tahtikontrolli .....	9
2.4 Kolmen tason menetelmä tahtituotannossa .....	10
2.5 Aliurakat .....	14
2.6 Aliurakkasopimusprosessi .....	15
2.7 Kannustinjärjestelmät .....	17
2.7.1 Aikataulutavoite kannustimena .....	18
2.8 Aliurakan ohjaus ja valvonta .....	19
2.9 Last Planner System rakentamisessa .....	20
2.10 Visuaalinen johtaminen .....	23
2.10.1 Valvontavinjetti .....	24
3. TUTKIMUSMENETELMÄT JA -AINEISTO .....	26
3.1 Pilottityömaa 1 .....	26
3.1.1 Kohteen tahtiaikataulu .....	27
3.1.2 Kohteen suunnitelman mukainen eteneminen .....	30
3.1.3 Kohteen keskeiset aliurakkasopimukset .....	31
3.2 Pilottityömaa 2 .....	32
3.2.1 Kohteen tahtiaikataulu .....	33
3.2.2 Kohteen suunnitelman mukainen eteneminen .....	36
3.2.3 Kohteen keskeiset aliurakkasopimukset .....	40
4. TUTKIMUSTULOKSET .....	43
4.1 Haastattelujen suoritus .....	43
4.2 Tuotannonsuunnittelu .....	44
4.3 Tahtituotannon huomioiminen aliurakkasopimuksissa .....	46
4.4 Tuotannonvalvonta ja -ohjaus toteutuksen aikana .....	48
4.5 Tuotannon eteneminen ja aikataulumuutokset .....	50
4.6 Hankkeen onnistuminen ja haasteet .....	53
4.7 Tahtisuunnittelun, tuotannonvalvonnan ja -johtamisen kehittäminen ..	55
5. TUTKIMUSTULOSTEN POHDINTA .....	61
5.1 Tahtisuunnittelu .....	61
5.2 Tahtikontrolli ja päivittäisohjaus .....	62

5.3	Aliurakkaprosessi ja aliurakoitsijoiden sitoutuminen tahtituotantoon...	64
5.4	Tulosten luotettavuus ja yleistettävyys .....	66
6.	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	68
6.1	Tavoitteiden saavuttaminen .....	68
6.2	Jatkotutkimusalueet .....	69
	LÄHTEET .....	71
	LIITE A: HAASTATTELUKYSYMYKSET .....	73

## KUVALUETTELO

<b>Kuva 1.</b>	<i>Toyotan tuotantojärjestelmä (mukailtu Liker 2010 s. 33).</i>	5
<b>Kuva 2.</b>	<i>Tahtisuunnittelun 12 vaihetta (Binninger et al. 2017, s. 608-609).</i>	8
<b>Kuva 3.</b>	<i>Tahtisuunnitelma (Haghsheno et al. 2016, s. 60).</i>	9
<b>Kuva 4.</b>	<i>Kolmen tason menetelmän hierarkia (Dlouhy et al. 2016, s.17).</i>	10
<b>Kuva 5.</b>	<i>Työmaa-alueen jakaminen toiminnallisiin alueisiin asiakkaalle arvoa tuovalla tavalla (Dlouhy et al. 2016, s.19).</i>	11
<b>Kuva 6.</b>	<i>Esimerkki työvaiheiden tasapainotuksesta (Dlouhy et al. 2016, s.19).</i>	12
<b>Kuva 7.</b>	<i>Vaihtoehtoja työpakettien tasapainottamiseksi (Haghsheno et al. 2016, s. 59).</i>	12
<b>Kuva 8.</b>	<i>Määritetyt tahtialueet ja SSU:t sekä valmis normitason tahtisuunnitelma (Dlouhy et al. 2016, s. 20).</i>	13
<b>Kuva 9.</b>	<i>Esimerkki tahtitilannekokouksen tahtikontrollitaulusta (Dlouhy et al. 2016, s. 20).</i>	14
<b>Kuva 10.</b>	<i>Aliurakkasopimusprosessi (mukailtu Junnonen &amp; Kankainen 2012, s. 9).</i>	17
<b>Kuva 11.</b>	<i>Last Planner -menetelmän painopistealue (mukailtu Koskela et al. 2004, s. 13).</i>	22
<b>Kuva 12.</b>	<i>Pohjakuva-vinjetti (Koskenvesa &amp; Sahlstedt 2011, s. 31).</i>	25
<b>Kuva 13.</b>	<i>Matriisimuotoinen valvontavinjetti (mukailtu Koskenvesa &amp; Sahlstedt 2011, s. 31).</i>	25
<b>Kuva 14.</b>	<i>Pilottityömaan 1 pohjapiirustus yhden kerroksen osalta.</i>	28
<b>Kuva 15.</b>	<i>Pilottityömaan 1 normitason eli viikkotason tahtiaikataulu.</i>	29
<b>Kuva 16.</b>	<i>Ote kohteen Pilottityömaan 1 päivätason tahtiaikataulu.</i>	30
<b>Kuva 17.</b>	<i>Pilottityömaan 2 lohkojako toimistokerroksissa.</i>	34
<b>Kuva 18.</b>	<i>Ote Pilottityömaan 2 tahtiaikataulun päivätasosta.</i>	35
<b>Kuva 19.</b>	<i>Ote Pilottityömaan 2 työmaan tahtiaikataulun päivätason työvaiheiden numero- ja värikoodeista.</i>	35
<b>Kuva 20.</b>	<i>Pilottityömaan 2 kerrostyönjohtajan aikatauluseuranta valvontavinjetin tavoin.</i>	36
<b>Kuva 21.</b>	<i>Pilottityömaan 2 työmaatoimiston seinälle tulostettu päivätason tahtiaikataulu.</i>	37
<b>Kuva 22.</b>	<i>Päivitetty tahtiaikataulu 30.8.2019.</i>	38
<b>Kuva 23.</b>	<i>Tahtiaikataulua jouduttiin päivittämään 19.9.2019 tekstiilipalamattojen viivästyneen toimituksen vuoksi. Numerot 50-53 liittyvät mattoasennuksiin ja listoituksiin.</i>	39
<b>Kuva 24.</b>	<i>Pilottityömaan 2 7. kerroksen luovutusvaiheen aikataulu.</i>	39

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

KVR	Kokonaisvastuurakentaminen
LPS	Last Planner™ System
LVIAS	Lämpö, vesi, ilma, automaatio, sähkö
LVIS	Lämpö, vesi, ilma, sähkö
PPC	Percent Plan Complete, toteutuneiden tehtävien osuus kaikista tehtävistä
SSU	Standard Space Unit, pienin mahdollinen toistuva rakenne
TPS	Toyota Production System
TTP	Takt-Time Planning, tahtisuunnittelu
YSE 1998	Rakennusurakan yleiset sopimusehdot



# 1. JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Tahtituotantoa ja sen tuomia hyviä tuloksia on tutkittu Suomessa ja ulkomailla. Muun muassa Building 2030 -konsortio tutki tahtia toisena toimintavuotenaan 2017-2019. Osallisina oli Aalto-yliopiston tutkijoita sekä diplomityöntekijät YIT:ltä, A-insinööreiltä, SRV:ltä ja Skanskalta. Building 2030 -konsortion tutkimuksen tarkoituksena oli saada lisää tietoa tahdistista ja kuinka sitä voitaisiin soveltaa tuotannossa ja suunnittelussa. He tutkivat tahdistimille Saksassa ja Kaliforniassa sekä hankkeen puitteissa case-tutkimuksina Suomessa. Jo ensimmäisessä case-tutkimuskohteessa Suomessa päästiin tahtituotannolla kymmenien prosenttien aikasäästöön sisävalmistusvaiheessa. Kummassakin case-kohteessa korostui päivittäisohjauksen rooli ja välitön puuttuminen ongelmakohtiin. (Lehtovaara et al. 2019, s. 1-4, 42) Myös hankintaprosessin näkökulma nousi esiin. Building 2030 – Tahti suunnittelussa ja tuotannossa loppuraportissa kerrottiin, että hankintaprosessin aikana tulisi varmistaa aliurakoitsijoiden todellinen kyky sitoutua tahtituotantoon resurssien, päivittäisen kommunikaation tai kannustimien avulla (Lehtovaara et al. 2019, s.16-17).

Building 2030 – Tahti suunnittelussa ja tuotannossa loppuraportissa suositeltiin tahdin käyttöönottoa Suomessa. Raportissa kerrottiin, että suurin hyöty tahtituotannosta saataisiin, jos tuotannon tukitoimia pystyttäisiin kehittämään tahtituotantoa tukevaksi ja että työmaalla osattaisiin puuttua tuotannossa ilmeneviin ongelmakohtiin nopeasti ja poistamaan ne tahdin tieltä. (Lehtovaara et al. 2019, s. 43)

Tuottavuuden parantamista haettiin Lemminkäinen Oyj:n ja YIT Oyj:n 1.2.2018 integraation myötä YIT Suomi Oy:ssä mm. tuottavuuspiloteissa tahtituotannon avulla. Tarkoituksena oli luoda yhteiset toimintatavat tuottavuuspilottien hyvistä käytännöistä. Tuottavuutta parannettiin mm. lean-periaatteiden soveltamisella. (YIT Oyj:n Pörssitiedote 2018) ”Tuottavuutta haetaan laadusta tinkimättä hukkaa vähentäen ja läpimenoaikoja lyhentäen.” (YIT Oyj:n Pörssitiedote 2018)

## 1.2 Tavoitteet, tutkimuskysymys ja raja

Tutkimuksen tavoitteena oli koota yhteen kahdesta ensimmäisestä YIT Suomi Oy:n tahtituotannolla toteutetusta korjausrakentamisen pilottityömaasta tahtituotannon ja päivittäisohjauksen kehityksen tilanne, jotta tietoja voidaan hyödyntää tulevaisuudessa tahtituotantohankkeissa. Tämä tarkoitti uudenlaisen tuotantomallin, tahtituotannon, omaksumista työmaalla, tuotannonvalvonnan ja -ohjauksen onnistumista ja kehittämistä sekä aliurakoitsijoiden sitouttamista tahtituotantoon.

Diplomityössä pääpaino oli tahtituotannonvalvonnassa ja -ohjauksessa sekä näiden kehittämisessä. Vastauksia lähdettiin selvittämään kummankin tutkittavan työmaan tallennetuista aineistoista ja haastatteleamalla kummankin työmaan toimihenkilöitä ja aliurakoitsijoita. Toisen työmaan osalta tutkimukseen saatiin myös havainnointia tämän diplomityön tekijältä.

Tämän diplomityön tutkimuskysymykset olivat:

1. Miten saadaan aliurakoitsijat sitoutumaan tahtituotantoon?
2. Miten tahtituotantoa valvotaan ja ohjataan?
3. Miten tahtisuunnittelua ja päivittäisohjausta voidaan kehittää?

## 1.3 Tutkimuksen toteutus, menetelmät ja aineisto

Diplomityössä retrospektiivisenä tutkimuksena tarkasteltiin vuonna 2018 tahtituotannolla valmistunutta YIT Rakennus Oy:n aikaista korjausrakentamisen pilottityömaata. Työmaasta käytettiin tässä diplomityössä nimeä Pilottityömaa 1. Prospektiivisenä tutkimuksena tarkasteltiin vuonna 2020 valmistunutta YIT Suomi Oy:n aikaista korjausrakentamisen pilottityömaata. Työmaasta käytettiin nimeä Pilottityömaa 2. Kummankin tutkittavat pilottityömaat olivat toimistokorjauksen työmaita.

Tutkimus tehtiin tutkimusaineiston, tutkijan havainnoinnin ja haastattelututkimuksen perusteella. Ennen haastatteluja tutustuttiin aihepiiriin kirjallisuuteen ja pilottityömaiden tuotamiin aineistoihin. Kirjallisuuskatsauksessa syvennettiin erityisesti tahtituotantoon ja lean-ajatusmaailmaan, aliurakkasopimusprosessiin sekä tuotannonvalvonnan ja -ohjauksen työkaluihin. Kirjallisuuskatsaus on luettavissa luvussa 2.

Lukuun 3 Tutkimusmenetelmät ja -aineisto kirjattiin tutkimuksessa käytössä ollut aineisto. Tutkimusaineisto oli kerätty kummankin pilottityömaan YIT:n pilvipalvelusta, jonne työmaat olivat dokumentoineet aineistonsa. Kummankin pilottityömaiden aineistotutkimuksessa syvennettiin alihankintasopimuksiin, aikatauluihin ja sen seurantaan sekä tuotantosuunnitelmiin.

Diplomityön laadullista tutkimusta täydennettiin aineistotutkimuksen ja havainnoinnin lisäksi haastattelun kautta. Tutkimukseen liittyvät haastattelut toteutettiin puolistrukturoituina teemahaastatteluina (Hirsjärvi & Hurme 2000, s. 47-48). Haastattelun rakenne, aihealueet ja haastattelukysymykset oli koottu tutkimuskysymysten, tutkimusaineiston ja kirjallisuuskatsauksen pohjalta. Haastattelututkimuksen tuloksia käsitellään luvussa 4 Tutkimustulokset. Tutkimuksessa käytetyt haastattelukysymykset oli osoitettu tutkittavien pilottityömaiden toimihenkilöille ja aliurakoitsijoille. Samoja tutkimuksessa käytettäviä haastattelukysymyksiä käytettiin kummankin tutkimuskohteen aliurakoitsijoille, mutta heidän näkökulmastaan. Haastattelut suoritettiin yksilöhaastatteluna. Haastatteluissa ei käytetty lomaketta. Tämän diplomityön lopusta Liite A:sta löytyvät haastattelukysymykset.

Lukuun 5 Tutkimustulosten pohdinta kirjattiin tutkimuksen tuloksia suhteessa aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen, työn tavoitteisiin ja tutkimuskysymyksiin. Lisäksi pohdittiin tulosten luotettavuutta.

Tutkimuksen johtopäätöksissä -luvussa pohdittiin tavoitteiden saavuttamista ja käsiteltiin jatkotutkimustarpeita. Johtopäätökset ovat luettavissa luvusta 6 Johtopäätökset.

## 2. KIRJALLISUUSKATSAUS

### 2.1 Tahtituotannon menetelmän tausta

Tahti eli *Takt*-termi määriteltiin Saksassa 1500-luvulla. *Tatk*-termiä on määritelty hyvin monen kielen kautta ja kuvattu mm. rytmiksi ja virtaukseksi. *Takt*-termin alkuperä tulee kuitenkin latinankielen sanasta *tactus*, joka tarkoittaa kosketusta, kosketuksen tunnetta tai tunnetta. (Haghsheno *et al.* 2016, s. 54)

Vakiintuneita prosesseja on teollisuudessa havaittu jo 1500-luvun telakkatuotannossa Venetsiassa, mutta 1900-luvun alussa erityisesti tahtia käytettiin yhä enemmän teollisuudessa. Tahtituotannon edelläkävijä Henry Ford käytti tahtiin perustuvaa tuotantoa auto-teollisuudessa. Sitä myöten tahtituotannon hyödyt ovat huomioitu eri puolilla maailmaa ja ne ovat olleet käytössä monilla ei teollisuuden aloilla. (Haghsheno *et al.* 2016, s. 54)

Saksan ilmailuteollisuuden ja Mitsubishin välinen teknisen yhteistyön ansiosta idea levisi Japanin, missä Toyota sisällytti tahtituotannon lähestymistavan Toyotan tuotantojärjestelmään *Toyota Production Systemiin*, joka tunnetaan myös lyhenteellä TPS (Haghsheno *et al.* 2016, s. 54).

*Toyota Production System* (TPS) on Toyotan tuotantofilosofia, jonka japanilainen Taiichi Ohno kehitti yhdessä Toyotan perustajan Kiichiro Toyodan serkun, Eiji Toyodan, kanssa. Länsimaalaiset tutkijat alkoivat kiinnostua 1980-luvun lopussa Toyotasta ja antoivat havainnoilleen nimen lean, joka on luotu Toyotan lähtökohdista. Vaikka lean kehitettiin teollisuudessa ja TPS:n alku on peräisin japanilaisesta autoteollisuudesta, sitä on tänä päivänä sovellettu muihinkin toimintoihin ja aloihin, kuten myyntiin, logistiikkaan, hankintaan, terveydenhuoltoon, päivittäistavarakauppaan ja IT-alaan. (Modig & Åhlström 2018, s. 77-78, 84)

Kuvassa 1 on yksinkertainen kuvaus Toyotan tuotantojärjestelmän talosta. Talosta on nähtävillä erilaisia versioita, mutta perusperiaatteet ovat samat: katto, tukipilarit, ihmiset ja rakennuksen perusta. Katto sisältää parhaan laadun, matalimmat kustannukset ja lyhyimmän läpimenoajan. Katon jälkeen tulee kaksi tukipilaria, joista toinen pilari on *Just-In-Time* (JIT) eli juuri oikeaan aikaan. Toinen pilari on *Jidoka*, joka tarkoittaa, ettei vika pääse koskaan seuraavaan vaiheeseen ja että ihmiset vapautetaan koneiden äärestä. Talon sisällä ovat ihmiset, jotka ovat järjestelmän keskiössä. Lopuksi rakennuksen perustassa on talon erilaisia pohjaelementtejä, kuten standardoitujen vakaiden ja luotettavien prosessien tarve sekä *heijunka*. *Heijunka*-termillä tarkoitetaan tuotannon tasoittamista sekä volyymin että valikoiman suhteen. (Liker 2010 s. 33)



**Kuva 1.** Toyotan tuotantojärjestelmä (mukailtu Liker 2010 s. 33).

Tahti onkin keskeisessä roolissa Toyotan tuotantojärjestelmässä Kuvan 1 Juuri oikeaan aikaan -pilari (*Just-In-Time*) (Haghsheno *et al.* 2016, s. 55). Lean-ajatus ilmenee tahti-tuotannossa siten, että ylituotanto estetään, toimitusajat lyhenevät ja työvaiheet tasapainotetaan. Samoin varastot ja odotusajat työvaiheiden välillä lyhenevät, kuljetusta optimoidaan jatkuvan virtauksen avulla ja korkeampi tuotantokapasiteetti otetaan käyttöön. (Haghsheno *et al.* 2016, s. 53)

## 2.2 Tahtisuunnittelu

Tahtisuunnittelu (*Takt Planning*) ja tahtikontrolli (*Takt Control*) ovat Saksassa kehitettyjä menetelmiä tahtiaikataulun luomiseen ja tahdin valvontaan (Haghsheno *et al.* 2016, s. 53). Vaikka rakennushankkeet mielletään kertaluonteisiksi ja harvoin toistuviksi hankkeiksi, niissä on tarkemmin tarkasteltuna yhtäläisyyksiä. Esimerkiksi asuinrakennuksissa tilat jaetaan asuntojen mukaan, joissa on kylpyhuone. Nämä ovat tunnistettavia toistoja, joiden kautta saadaan standardisoitua hyödyllisiä prosesseja rakennustyömaalla, jotka voidaan toteuttaa tahdin ja tahtisuunnittelun avulla. (Haghsheno *et al.* 2016, s. 57)

Frandsen *et al.* (2013, s. 531) tunnistivat kuusi vaihetta tutkimuksessaan, joiden kautta voidaan tahtiaika määrittää:

1. Kerätty tieto
2. Määritetyt työskentelyalueet
3. Työjärjestys
4. Yksittäisten tehtävien kesto
5. Tasapainotus
6. Luotu tuotantosuunnitelma (Frandsen *et al.* 2013, s. 531).

Yksi esimerkki tiedon keräämiseen on sen saaminen niiltä, jotka ymmärtävät työn jokaisen yksityiskohdan. Näitä henkilöitä ovat esimerkiksi jokaisen työvaiheen nokkamiehet ja työntekijä. Tiedonkeruun pohjalta voidaan määrittää mahdollisimman samankokoiset työskentelyalueet. Työskentelyalueiden selvittyä on mietittävä työjärjestystä. Työjärjestystä mietitään yhdessä muiden kanssa erilaisissa töiden yhteensovituspalavereissa. Silloin saadaan parempi käsitys kokonaisuudesta. Jotta työvaiheet voidaan tasapainottaa, on yksittäisten työtehtävien kestot tiedettävä. Niiden pohjalta pystytään miettimään mitä työtä pitää nopeuttaa tai hidastaa, jotta tasapainotus taataan. Tuotannonsuunnittelussa määritetään tahtiaika eli aika, jonka työvaihe vaatii työskentelyalueelle. Lyhyemmällä aikavälillä pystytään näkemään tahdin eteneminen ja korjaavia toimenpiteitä voidaan tehdä hyvissä ajoin. (Frandsen *et al.* 2013, s. 531-533)

Kuvassa 2 on nähtävillä Saksassa *Karlsruhe Institute of Technology* (KIT) projektiryhmän luoma *Kaiser*-lähestymistapaan perustuva menetelmä, jossa tahtisuunnittelu tapahtuu kahdentoista vaiheen avulla (Binnering *et al.* 2017, s. 609-612). Kuvassa 2 Binnering *et al.* (2017, s. 608-609) määrittelevät ensimmäisessä vaiheessa funktionaaliset eli toiminnalliset alueet, joita voivat olla katto, toimisto, kauppa, varasto jne. Toisessa vaiheessa määritellään funktionaalisten eli toiminnallisten alueiden prioriteettijärjestys asiakkaan näkökulmasta. Kolmannessa vaiheessa määritellään valitulle funktionaaliselle eli toiminnalliselle alueelle SSU (*Standard Space Unit*) eli pienin toistuva rakenne. Viidennessä vaiheessa määritellään jokaiselle SSU:lle työpaketit. Näitä voivat olla esimerkiksi maalaustyöt, oviaasennus ja talotekniikka-asennuksien vaiheet. Vaihe kuusi on tärkeä osa tahtisuunnittelua. Siinä jokaisen työvaiheen teoreettisen työnkesto kerrotaan suorituskertoimella. Vaiheessa seitsemän työvaiheet niputetaan osaksi työpakettia. Vaiheessa kahdeksan määritellään tahtiaika ja -alue. Tahtiaika määritetään peilaamalla sitä asiakkaan vaatimukseen. (Binnering *et al.* 2017, s. 607-609)

Haghsheno *et al.* (2016, s. 58) esittävät tutkimuksessaan tahtiajan laskemiselle seuraavanlaisen kaavan:

$$Takt\ time = \frac{Content\ Takt\ area\ [entity = m^2] * Effort\ Value\ [\frac{Time}{Entity} = \frac{h}{m^2}]}{Selected\ Manpower}, \quad (1)$$

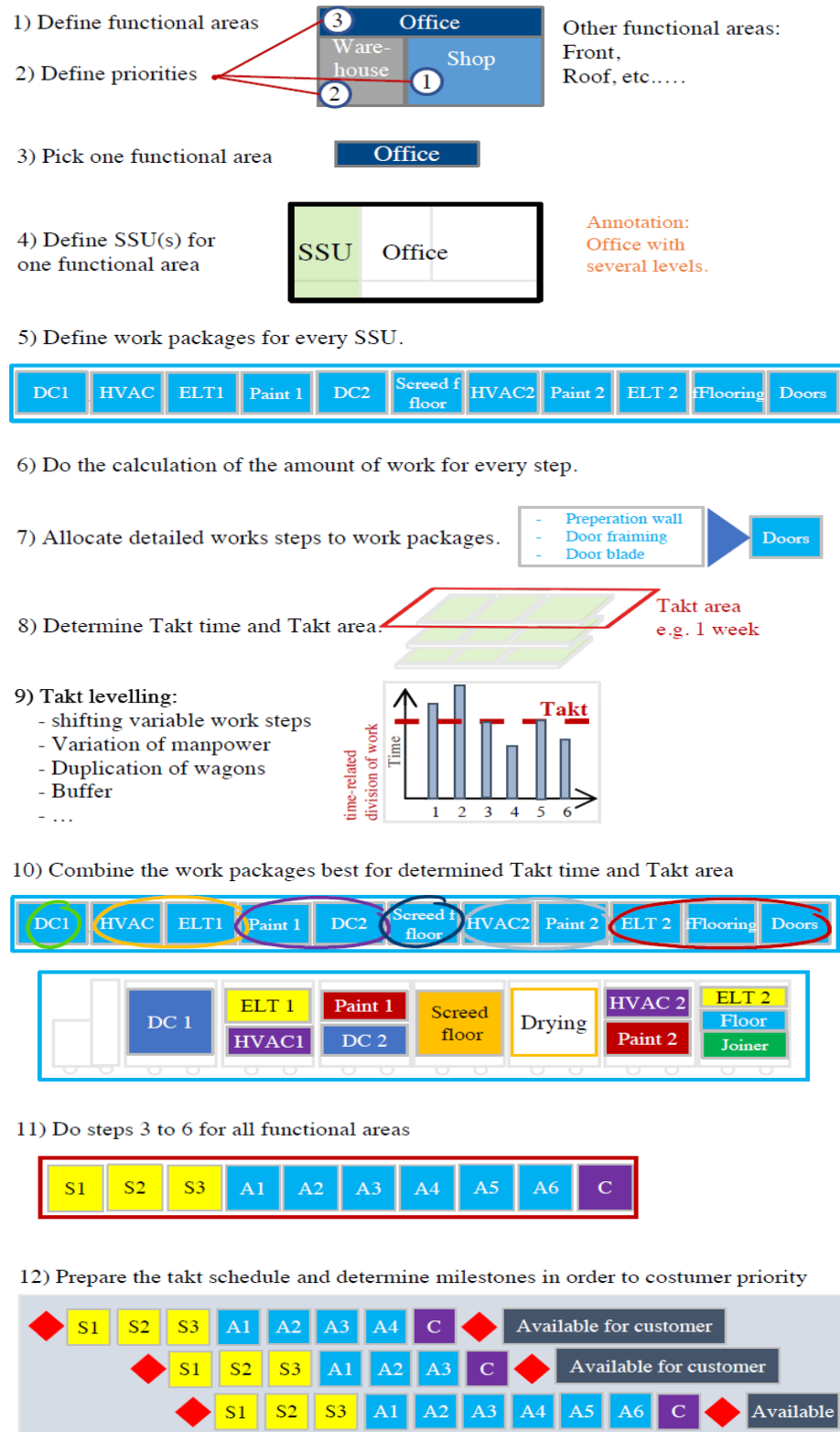
joka koostuu tahdistettavan alueen pinta-alasta, pinta-alaan käytetystä ajasta sekä työntekijöiden määrästä (Haghsheno *et al.* 2016, s. 58). Rakennusprosessien epävakaisuuden vuoksi tahdiksi valitaan yleensä viikko. Tahti on jokaisessa projektissa kuitenkin erilainen. (Binninger *et al.* 2017, s. 607)

Vaiheessa yhdeksän tasapainotetaan tahti, jolloin huomioidaan työryhmien vaihtelevuus, puskurit, työvaiheiden siirtäminen jne. Tahtia pitää tasapainottaa, koska työpaketit ovat harvoin samankokoisia. Tahtiaikaa voidaan lyhentää tai kasvattaa käyttämällä enemmän tai vähemmän työntekijöitä. Lisäksi työpaketteja voidaan yhdistää tai työvaiheita voidaan muuttaa, optimoida tai korvata käyttämällä tuotteita tai prosesseja. (Binninger *et al.* 2017, s. 607-609)

Puskureiden lisääminen ja niiden käyttö on välttämätöntä tehokkaan tahdin varmistamiseksi. Niiden avulla voidaan varautua yllättäviin tilanteisiin tai korjata virheitä. Tahtisuunnitelmaan voidaan lisätä kelluvia puskureita, tai puskureita voidaan lisätä myös jokaisen tahdin loppuun, esimerkiksi viikonloppuja tai pidennettyjä työpäiviä voidaan käyttää puskureina. Puskurit voidaan merkata tahtisuunnitelmaan myös ns. tyhjänä vaununa. Tyhjien vaunujen käyttöä puskurina on esitetty Kuvassa 3 valkoisina vaunuina ilman tekstiä. (Haghsheno *et al.* 2016, s. 58-60)

Kuvassa 2 vaiheessa kymmenen on saavutettu ensimmäinen työjuna valitulle toiminnalliselle alueelle, joka koostuu useasta vaunusta. Työpaketteja voidaan niputtaa samaan vaunuun, jos niissä ei ole törmäysvaaraa. Vaunu koostuu siis yhdestä tai useasta työpaketista. Vaiheessa yksitoista toistetaan vaiheet 3-6 kaikille toiminnallisille alueille. Vaiheessa kaksitoista kaikki määritetyt työjunat esitetään tahtisuunnitelmassa asiakkaan priorisoimassa järjestyksessä. (Binninger *et al.* 2017, s. 607-609)

Kuvassa 3 on esitetty kokonainen tahtisuunnitelma, johon on myös lisätty tahdistamattomat työvaiheet. Pystyakselilta nähdään tahtialueet ja vaaka-akselilla kulkevat työjunat vaunuineen. Tällaisesta kaavioesityksestä saadaan heti käsitys, että suoritetaanko tehtävää oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Samoin nähdään, milloin tahdistamattomat tehtävät tehdään. (Haghsheno *et al.* 2016, s. 59-60)



Kuva 2. Tahtisuunnittelun 12 vaihetta (Binnering et al. 2017, s. 608-609).





**Kuva 3.** Tahtisuunnitelma (Haghsheno *et al.* 2016, s. 60).

## 2.3 Tahtikontrolli

Tahtikontrollin (*Takt Control*) avulla voidaan tahtia hallita lyhyellä aikavälillä. Tahtikontrollin käyttö mahdollistaa tahdin yksityiskohtaisen ja lyhytaikaisen hallinnan. Häiriön satuesssa edellinen tahti vaikuttaa aina seuraavaan tahtiin. Tahtikontrollin avulla häiriöt voidaan havaita hyvin varhaisessa vaiheessa. Tämä tarkoittaa sitä, että valmis tahtisuunnitelma ei ole kiinteä, vaan se elää tahtikontrollin avulla, kun häiriöt havaitaan ja niihin puututaan varhaisessa vaiheessa. Häiriöitä ja niiden poistamista varten tahtisuunnitelmaan sisällytetään ns. tyhjiä vaunuja, jotka toimivat puskureina. (Haghsheno *et al.* 2016, s. 60)

Tahtikontrollissa on erityisen tärkeää pitää lyhyitä päivittäisiä kokouksia, johon toteutuksesta vastaavat henkilöt osallistuvat. Kokouksissa käydään läpi tahtiaikataulun tilanne tahtikontrollitaulun avulla. Kokouksessa käytettävien tahtikontrollitaulujen avulla saavutetaan visuaalinen avoimuus kaikille osapuolille. Työntekijät saadaan motivoitua osallistumaan kokouksiin ottamalla heidät osaksi ongelmanratkaisuprosessia. (Binninger *et al.* 2017, s. 609) Binninger *et al.* (2017, s. 609) esittävät tutkimuksessaan, että näissä tahdin hallintaan liittyvissä kokouksissa tulee käydä läpi ja kirjata seuraavat asiat muistiin, joita voidaan hyödyntää tulevaisuudessa hankkeissa:

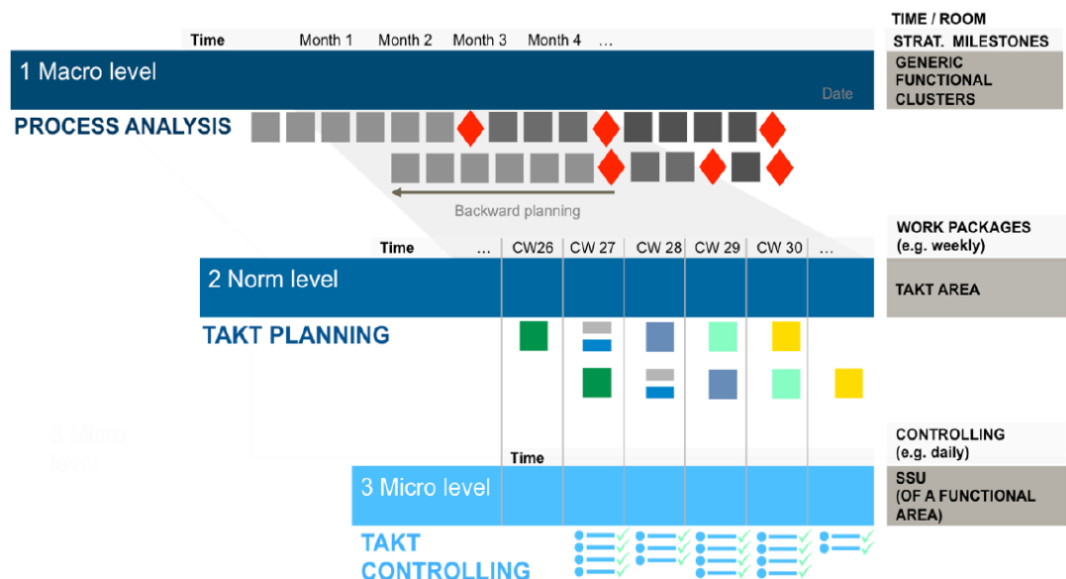
- työntekijöiden lukumäärä

- koneiden lukumäärä
- suunnitellun tahdin toteutumisaste
- laatuvirheet
- turvallisuustiedot- ja poikkeamat
- työhäiriöiden lukumäärä
- järjestyksen ja siisteyden taso (Binninger *et al.* 2017, s. 609).

## 2.4 Kolmen tason menetelmä tahtituotannossa

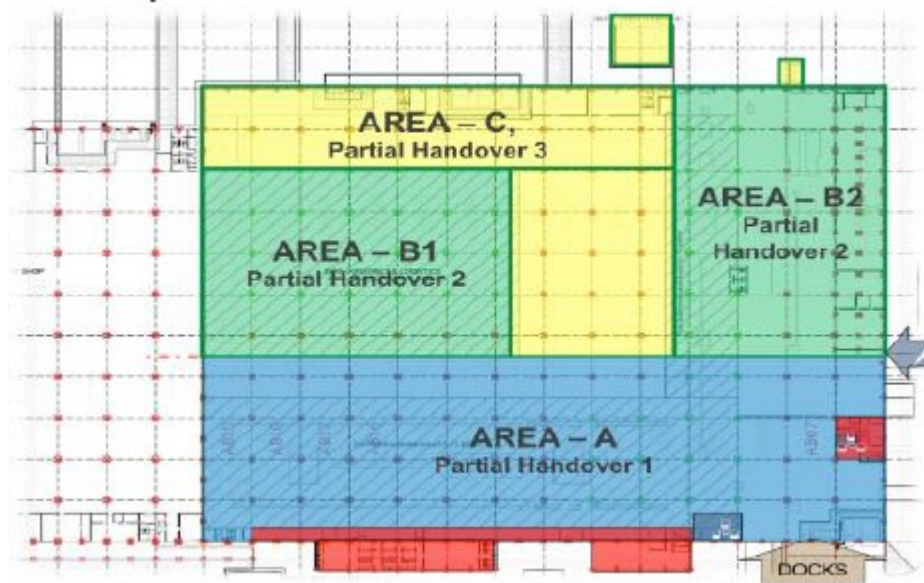
Saksassa *Karlsruhe Institute of Technology* (KIT) tutkijaryhmä on kehitetty kolmen tason hierarkian tahtisuunnittelusta (*Takt Planning*) ja tahtikontrollista (*Takt Control*). Kehitetyn uuden menetelmän avulla on voitu vähentää rakennusaikaa alkuperäisestä rakennusajasta huomattavasti. Lisäksi kolmen tason menetelmän avulla on voitu osoittaa, että se tarjoaa johtamiselle avoimuutta, auttaa parantamaan päätöksentekoa ja yksinkertaistaa rakennusprojektin hallintaa. (Dlouhy *et al.* 2016, s. 13) Menetelmä on jaettu kolmeen tasoon: makrotaso, normitaso ja mikrotaso (Dlouhy *et al.* 2016, s. 15).

Kuvassa 4 on nähtävillä yhteenveto kolmen tason menetelmän hierarkiasta. Makrotasolla eli prosessianalyysillä on tarkoitus jakaa rakennettava alue erilaisiin funktionaalsiin eli toiminnallisiin alueisiin, jotka järjestetään asiakas arvoa tuottavalla tavalla (Dlouhy *et al.* 2016, s.15). Toiminnalliset alueet jakautuvat mm. tilaajan projektille asettamien välitavoitteiden kautta (Lehtovaara *et al.* 2019, s. 6).



**Kuva 4.** Kolmen tason menetelmän hierarkia (Dlouhy *et al.* 2016, s.17).

Kuvassa 5 rakennettava alue on jaettu erilaisiin funktionaalisiin eli toiminnallisiin alueisiin. Alueita on korostettu eri väreillä niiden toiminnallisuuden mukaan. Makrotason pohjalta voidaan määritellä ja optimoida oleellisten työvaiheiden rajapinnat ja töiden järjestäminen eri rakennusvaiheille. Aiempien rakennusprojektien olemassa olevaa tietoa voidaan hyödyntää erilaisille funktionaalisille alueille. On myös tärkeää, että tällä tasolla pystytään havaitsemaan yhteentörmäykset ja riippuvuudet. (Dlouhy *et al.* 2016, s.15)



**Kuva 5.** Työmaa-alueen jakaminen toiminnallisiin alueisiin asiakkaalle arvoa tuovalla tavalla (Dlouhy *et al.* 2016, s.19).

Normitaso rakennetaan makrotasorakenteen mukaan, missä huomioidaan ja aika- ja aluejakauma. Makrotasolla määritellyt asiakkaalle arvoa tuottava toiminnalliset alueet heijastuvat niin normitasolle kuin mikrotasolle. Normitasolla määritellään työvaiheet, jotka voidaan suorittaa jokaisella tahtialueella. (Dlouhy *et al.* 2016, s. 15)

Jotta voidaan suunnitella vakaa ja tasainen rakennusprosessi, on toiminnalliset alueet jaettava mahdollisimman pieniin toistuviin rakenteisiin (SSU) tahtialueella, joka määritellään rakenteellisen ja valmistusominaisuuksien mukaan. SSU:lle määritellään suorituseroin, kuten Kuvassa 6 (*Performance factor*). (Dlouhy *et al.* 2016, s. 15, 17) Työvaiheen tasapainotuksessa on otettava SSU:n ja suorituskertoimen lisäksi huomioon työryhmän koko, laskettu teoreettinen kesto yhdellä SSU alueella, tahtialue ja työsaavutus (Dlouhy *et al.* 2016, s. 20).

Työpaketteja voidaan tasapainottaa Haghsheno *et al.* (2016, s. 58-59) mukaan kolmella eri tavalla, jotka ovat esitetty Kuvassa 7. Tarvittavaa aikaa voidaan pidentää tai lyhentää

työntekijöiden lukumäärää muuttamalla (*Improving*), työpaketteja voidaan yhdistää yhteen (*Leveling*) tai työvaiheet voidaan muuttaa, optimoida tai korvata tuotteilla tai prosesseilla. (Haghsheno *et al.* 2016, s. 58-59)

Kuvassa 6 tahtiajaksi on valittu pisimmän työvaiheen kesto, 5 päivää. Muut työvaiheet yhdistetään vastaamaan kutakuinkin määritettyä 5 päivän kestoja. Nämä työvaiheet yhdistyvät yhdeksi työpaketiksi, jotka muodostavat vaunun määritellyllä tahdilla tahtialueella. Kuvassa 6 vaunuja on kuvattu merkinnöin W1, W2, W3 jne. Eri vaunujen havainnointia on helpotettu visuaalisesti erilaisin värein. Vaunut koostuvat siis joko yhdestä tai useammasta työvaiheesta, riippuen määritellystä tahtiajasta. (Dlouhy *et al.* 2016, s. 20)

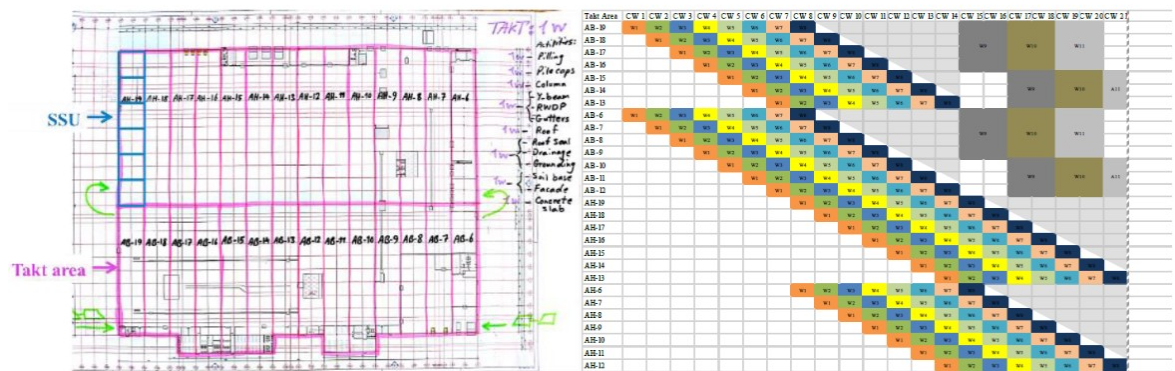
Trade Sequence	SSU	Performance factor / SSU	Man-power	Duration / SSU	Takt area	Performance factor (total)	Levelling (Takt time = 5 days)
Piling	5 piece	5*160 min.	4	40 min.	60 pieces (with 2 Takt areas)	5 days	W1
Pile Caps	2 piece	2*480 min.	4	120 min.	13 pieces	3.25 days	W2
Column	1 piece	1200 min.	5	240 min.	7 pieces	3.5 days	W3
Y-Beams	1 piece	800 min.	5	160 min.	5 pieces	1.67 days	W4
RWDP	1 piece	320 min.	2	160 min.	6 pieces	2 days	
Flat gutters	2 piece	2*80 min.	5	16 min.	30 pieces	1 day	
Gutters	3 piece	3*300 min.	5	60 min.	16 pieces	2 days	
Roof	1 grid	3840 min.	8	480 min.	5 grids	5 days	W5
Roof seal	1 grid	1920 min.	4	480 min.	5 grids	5 days	W6
Drainage	18 m	18*149.33 min.	7	21.33 min.	90 m	4 days	
Grounding	18 m	18*10.67 min.	2	5.33 min.	90 m	1 day	
Soil base	324 m <sup>2</sup>	324*10.37 min.	7	1.48 min.	1.620 m <sup>2</sup>	5 days	W7
Facade	2 piece	2*240 min.	5	48 min.	10 pieces	1 day	W8
Concrete	360 m <sup>2</sup>	360*20 min.	15	1.33 min.	1800 m <sup>2</sup>	5 days	

**Kuva 6.** Esimerkki työvaiheiden tasapainotuksesta (Dlouhy *et al.* 2016, s. 19).



**Kuva 7.** Vaihtoehtoja työpakettien tasapainottamiseksi (Haghsheno *et al.* 2016, s. 59).

Kuvaan 8 on määritelty tahtialueet ja SSU:t. Dlouhy *et al.* (2016, s. 20) tutkimuksessa olleen rakennuskohteen pohja on jaettu projektikohtaisten ominaisuuksien mukaan tahtialueisiin, joita on yhteensä 28 kappaletta. Nämä tahtialueet ovat pilkottu mahdollisimman pieniin toistuviin rakenteisiin (SSU), joita yksi tahtialue sisältää 6 kappaletta. Lisäksi Kuvassa 8 esitetään valmiin normitason tahtisuunnitelman, jossa 28 tahtialuetta on merkattu pystyakselille. Vaaka-akselilla kulkevat vaunut tahtialueelta toiselle. Yksi tahtialue koostuu 8 eri vaunusta. (Dlouhy *et al.* 2016, s. 20)



**Kuva 8.** Määritetyt tahtialueet ja SSU:t sekä valmis normitason tahtisuunnitelma (Dlouhy *et al.* 2016, s. 20).

Kulta (2018, s. 28) tuo diplomityössään esille Dlouhyn ja Binningerin kanssa vuonna 2018 käydyn keskustelunsa, jossa Dlouhyn ja Binningerin mukaan vaunuihin kannattaa varata noin 10-15 % puskuria, mikäli kaikki ei mene suunnitelmien mukaan (Kulta 2019, s. 28). Mutta mikäli kaikki menevät suunnitelmien mukaan jää työryhmälle 10-15 % aikaa parantaa työsuoritustaan tai työryhmä voi siirtyä tahdin ulkopuoliselle alueelle tekemään muita työtehtäviä. Nämä tahdin ulkopuoliset vara-alueet ovat oleellinen osa tahtituotantoa. (Kulta 2018, s. 28; Lehtovaara *et al.* 2019, s. 6)

Mikrotasolla eli tahtikontrollilla käsitellään ja hallitaan normitason prosesseja yksityiskohtaisemmin. Rakentamisvaiheessa toteutusta hallitaan ja seurataan päivittäin lyhyillä tahtitilannekokouksilla, jotka kestävät noin 15 minuuttia. Niissä rakentamisen etenemistä seurataan lyhyellä aikavälillä. Tahtitilannekokouksiin osallistuvat oman organisaation lisäksi yhteistyökumppaneiden työntekijät ja vastuussa olevat työnjohtajat. Kokoukset dokumentoidaan ja tiedot kerätään tahtikontrollitaululle, kuten esimerkiksi Kuvassa 9. (Dlouhy *et al.* 2016, s. 16-17) Tahtitilannekokouksissa on otettava huomioon Dlouhy *et*



*al.* (2016, s. 17) mukaan kaksi hyvin tärkeää seikkaa, joiden avulla voidaan rakennuskohteen tahtituotanto varmistaa: todellisen tilanteen dokumentointi ja normitason asettamien vaatimusten täyttäminen. (Dlouhy *et al.* 2016, s. 17)



**Kuva 9.** Esimerkki tahtitilannekokouksen tahtikontrollitaulusta (Dlouhy *et al.* 2016, s. 20).

## 2.5 Aliurakat

Hankinnat ovat merkittävä osa rakennusyritysten toimintaa ja hankintojen kehittämiseen on panostettu paljon mm. sopimusehtojen ja sopimustekniikan osalta. Siltin hankinnoissa on paljon epäselvyyksiä ja näin tuovat ongelmia rakennusprojektin aikana, joka ilmenevät resurssien ja ajan tuhlausena. (Junnonen & Kankainen 2012, s. 5)

Aliurakka on yksi hankinnan muoto. Hankinnat voidaan jakaa sisällöllisesti aliurakkaan, rakennustuotteen ja palvelun hankintaan. Aliurakassa yhdistyy vaihtelevasti sekä työ ja työssä käytettävä materiaali, joille kummallekin asetetaan vaatimuksia laadun ja aikataulun osalta. Näiden avulla varmistetaan työn esteetön eteneminen ja virheettömyys. Aliurakka eroaa rakennustuotehankinnasta sillä, että aliurakka tehdään urakasopimuksella ja sopimusehtoina käytetään Rakennusurakan yleisiä sopimusehtoja (YSE 1998), kun taas rakennustuotehankinta tehdään kauppasopimuksella ja siinä käytetään kauppalakia. YSE 1998 mukaan aliurakassa tilaajana toimii pääurakoitsija ja urakoitsija aliurakoitsijana. (YSE 1998; Junnonen & Kankainen 2012, s. 7-8)

## 2.6 Aliurakkasopimusprosessi

Kuvassa 10 on esitetty aliurakkasopimusprosessi pääurakoitsijan näkökulmasta. Aliurakoitsijan hankinta lähtee liikkeelle hankinta-aikataulussa määritettyyn aikaan aliurakan valmistelulla, johon kuuluu tehtäväsuunnitelman tekeminen, aloitusedellytysten määrittäminen, tarjouspyynnön laatiminen, tarjoajien valinta, tarjousvertailu ja urakkaneuvottelut (Junnonen & Kankainen 2012, s. 45). Tehtäväsuunnitelman avulla voidaan aliurakka valmistella, laatia tarjouspyyntö sekä valmistautua urakkaneuvotteluun ja aliurakkakoukseen. Tehtäväsuunnitelmassa tulee esittää aliurakka koskevat tiedot, kustannustavoitteet, ajalliset tavoitteet (aloitus, lopetus, välitavoitteet, suoritusjärjestys), laatuvaatimukset ja laadunvarmistuskeinot, potentiaalisten ongelmien analyysi sekä toiminta- ja työskentelytapa, joilla taataan tavoitteet ja vaatimukset. Tehtäväsuunnitelman avulla pääurakoitsija selkeyttää aliurakan odotukset ja vaatimukset sekä suunnittelee toteutuksen. (Junnonen & Kankainen 2012, s. 47-48)

Tarjouspyyntöasiakirjassa on esiteltävä kaikki tarpeellinen tieto, jota aliurakoitsija voi tarvita tarjoushinnan määrittelyyn. Se luo perusta varsinaiselle urakkasopimukselle. Tarjouspyynnössä on tuotava ilmi kaikki tarjousvaiheessa vielä epävarmat ja puutteelliset tiedot sekä poikkeukset yleisistä sopimusehdoista tai yleisistä käytännöistä. Pääurakoitsija vastaa kaikesta antamistaan tiedoista, eikä saa salata tietoja, joilla voi olla vaikutusta sopimukseen. Jotta tarjouksia voidaan vertailla pitää tarjouspyynnön olla mahdollisimman yksiselitteinen. (Junnonen & Kankainen 2012, s. 54)

Tarjouspyyntö koostuu tarjouspyyntökirjeestä, kaupallisista ja teknisistä asiakirjoista, jotka ovat yleensä tarjouspyynnön liitteenä. Kaupallisia asiakirjoja ovat mm. takuut, vakuudet, lisä- ja muutostyökäytännöt, pääsuoritus, urakkahinta ja maksuperuste, urakka-aika ja mahdolliset välitavoitteet ja viivästyssakot. Tekniset asiakirjat kuvaavat lopputuotteen laadullisia ominaisuuksia, sijaintia ja mittoja. Tekniset asiakirjat ovatkin piirustuksia ja selostuksia. Tarjouspyyntökirjeessä tulee määritellä mm. tilaajan yhteishenkilö, kohteen tiedot, urakan sisältö, tarjouksen jättöaika ja -paikka, tarjouksen voimassaoloaika. Tarjouspyynnössä on myös määriteltävä tarjouksen jättämisen yhteydessä toimitettavat todistukset ja selvitykset. Myös poikkeavat työajat on syytä tuoda esille jo tarjouspyynnössä, kuten viikonloput tai työtä rajoittavat työskentelyajat. (Junnonen & Kankainen 2012, s. 54-55)

Tarjouspyyntömateriaalin valmistuttua valitaan aliurakoitsijat, joille tarjouspyynnöt lähetetään. Aliurakoitsijat, joille tarjouspyynnöt lähetetään voivat tulla mm. työmaalta tai rakennusyrittäjän omasta hankintarekisteristä. (Junnonen & Kankainen 2012, s. 9)

Tarjouspyyntöjen lähettämisen jälkeen odotetaan aliurakoitsijoiden tekemiä tarjouksia tarjouspyynnössä asetettuun tarjouksen jättöpäivään asti. Aliurakoitsijoiden jättämien tarjousten tulee olla tarjouspyynnön mukaisia tai aliurakoitsija voi poiketa siitä tekemällä vaihtoehtoisen erillistarjouksen. Kaikki erilaisuudet tulee tarkastella huolella läpi. Yhdenmukaiset tarjoukset kootaan tarjousvertailulomakkeelle, jossa tarjouksia verrataan toisiinsa ja myös kaupan sisältöä vastaavaan kustannustavoitteeseen. Tällä valvotaan, että aliurakkakauppa ei ylitä tavoitetta. (Junnonen & Kankainen 2012, s. 59)

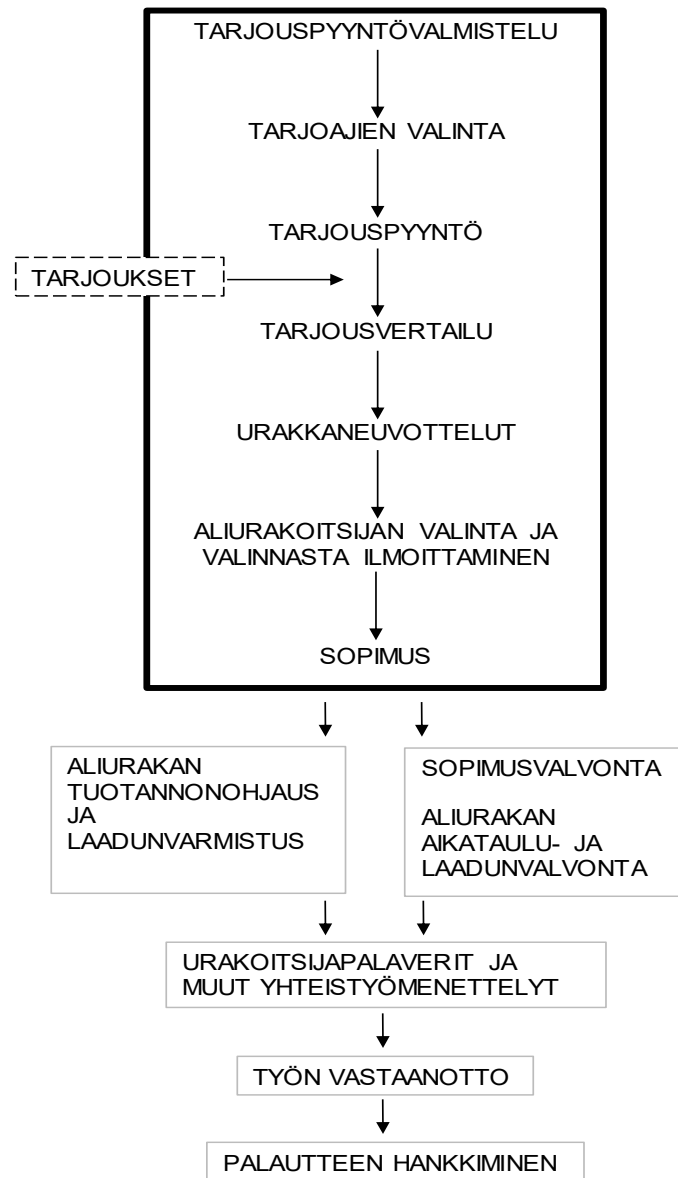
Tarjousvertailujen perusteella valitaan urakkaneuvotteluihin aliurakoitsijat hankkeelle ominaisten kriteerien perusteella. Tarjousvertailussa hinta-hyötysuhde on tärkeä valintakriteeri, mutta myös aikaisempi kokemus, referenssit sekä resurssien riittävyys, osaaminen ja saatavuus. Lisäksi aliurakoitsijan kyky tehdä yhteistyötä muiden kanssa voi olla osa valintakriteereitä, joilla urakkaneuvotteluihin valikoituvat aliurakoitsijat. (Artto et al. 2006, s. 65-66, 82, 186)

Tarjousvertailujen perusteella käydään urakkaneuvottelut, joihin otetaan yleensä edullisin tarjoaja ja kilpailukykyiset vaihtoehtotarjouksien tarjoajat. Neuvotteluihin valittavat on otettava huomioon tarjouspyynnössä esitettyjen valintakriteerien perusteella. Tarjousvertailussa myös nämä valintakriteerit on huomioitava. (Junnonen & Kankainen 2012, s. 59)

Urakkaneuvottelut ovat tärkeä osa ennen urakkasopimuksen tekoa, jonka avulla varmistetaan, että osapuolet ovat ymmärtäneet sopimukseen sisältyvät vastuut ja velvoitteet. Kaikille neuvotteluissa olevien kanssa tulee noudattaa hyvää kauppatapaa ja asettaa tarjoajat tasavertaiseen asemaan. Urakkaneuvotteluissa tulee käydä läpi sopimuksen keskeiset seikat ja täsmentää sopimuksen sisältöä sekä niitä asioita, jotka puuttuivat tai ovat tarkentuneet tarjouspyynnöstä. (Junnonen & Kankainen 2012, s. 61) Neuvottelujen jälkeen aliurakoitsijalla on mahdollisuus täsmentää tarjoustaan urakkaneuvottelujen pohjalta (Artto et al. 2006, s. 65-66). Urakkaneuvotteluista pidetty pöytäkirja tulee liittää sopimuksen liitteeksi (Junnonen & Kankainen 2012, s. 61).

Päätös sopimuskumppanista pohjautuu tarjousvertailuun, urakkaneuvotteluun ja sopimuskumppanista muuten hankittuihin tietoihin. Valinta tulee ilmoittaa viipymättä valituksi tulleen tarjoajalle. Hyvän tavan mukaista on myös ilmoittaa muille tarjouksen tekijöille valintatilanteesta. (Junnonen & Kankainen 2012, s. 63)





**Kuva 10.** Aliurakkasopimusprosessi (mukailtu Junnonen & Kankainen 2012, s. 9).

## 2.7 Kannustinjärjestelmät

Tilaaaja asettaa rakennushakkeelle monenlaisia tavoitteita, jotka heijastuvat pääurakoitsijalta aliurakoitsijalle asti. Tavoitteita voivat olla turvallisuus, helppo toteutus, budjetissa pysyminen, rakennuksen nopea käyttöönotto ja laatu. Pääsääntöisesti käytetyt kiinteähintaiset urakat harvoin tukevat tilaajan rakennushankkeelle asettamia tavoitteita, sillä kustannuksia karsitaan, jotta kannattavuus taataan. (Lahdenperä & Koppinen 2003, s. 9, 12)

Tilaaajan asettamiin tavoitteisiin voidaan päästä erilaisten kannustimien avulla. Kannustimilla luodaan ns. win-win-tilanne, jossa molemmat osapuolet kokevat hyötывänsä hankkeen tehokkaasta toiminnasta. Kannustimet ovat tehokkaimmillaan silloin, kun ne ovat riittävät, urakoitsija uskoo pääsevänsä edellytettyyn suoritustasoon ja arviointi tehdään oikeudenmukaisesti. (Lahdenperä & Koppinen 2004, s. 11)

Urakoitsijaa voidaan kannustaa tilaaajan asettamiin tavoitteisiin jo tarjouskilpailuvaiheessa hinnan ohella muiden valintakriteereiden avulla. Kannustimina voidaan käyttää rahapalkkioita, jatkohankkeita, ristiinomistusta tai ei-rahallisia kannustimia, kuten alennettu taloudellinen riski tai nopeutettu maksuaikataulu. Näistä kuitenkin rahalliset palkkiot ovat tehokkaimpia ei-rahalliseen palkkioon verrattuna. (Lahdenperä & Koppinen 2003, s. 16-17)

Lahdenperä & Koppinen (2003, s. 129) esittävät, että yleisimmät kannustimet ovat toteutuskustannuksiin ja -aikaan liittyvät kannustimet. Kannustimien käyttö on koettu tärkeäksi, jos rakennushankkeessa on jokin kriittinen tekijä, kuten tiukka aikataulu. Niitä on myös käytetty, jos ollaan haluttu yleisesti parantaa ja tehostaa rakennustoimintaa ja rohkaista innovaatioihin. Kannustimet vaativat kuitenkin suuremman työpanoksen tarjouksen teko- ja vertailuvaiheessa sekä toteutusvaiheessa seurannan osalta. (Lahdenperä & Koppinen 2003, s. 129,131)

### 2.7.1 Aikataulutavoite kannustimena

Aikataulutavoitteena voi olla pyrkimys varmistaa, että hanke valmistuu ajallaan. Nopeaa hankkeen toteutusta tulisi käyttää ainoastaan silloin, kun siitä on tilaajalle todellinen hyöty. Aikataulutavoitteisessa palkitsemisessa sopimuksessa on asetettu sanktio ja palkkio riippuen, kuinka tavoite täytetään. Aikataulutavoitteeseen ja kohteen aikataulussa pysymiseen vaikuttavat myös suunnittelutyön aikataulussa pysyminen. Suunnittelutyöstä johtuvat viiveet ovat merkittäviä, jotka aiheuttavat häiriöitä tuotannossa ja aikataulussa pysymiseen. Siksi on tärkeää, että myös suunnittelusopimuksissa huomioidaan aikataulukannustimet. (Lahdenperä & Koppinen 2003, s. 31)

Mikäli tavoitteena on saada rakennushanke valmiiksi nopeammin, voidaan käyttää menetelmää, jossa palkkio ja sanktio kasvavat suoraviivaisesti päivien lukumäärän mukaan. Lahdenperän ja Koppisen (2003, s. 32) esittämässä mallissa kokonaisbonus voidaan laskea silloin Kaavan 2 mukaan:

$$\text{Kokonaisbonus} = \text{Päiväbonus} * \text{Päivien lukumäärä} \quad (2)$$

Kaavassa 2 päiväbonus eli tilaajan määrittämä arvo ajalle sekä päivien lukumäärä eli aika voidaan myös esittää joko päivinä, viikkoina tai kuukausina. Aika voi olla aikataulutavoitteen alitettua aikaa, jolloin urakoitsijalle on tiedossa palkkio. Vaihtoehtoisesti, jos aikataulutavoite ylitetään, on urakoitsijalle tiedossa sanktio. Kokonaisbonuksella on yleensä määritetty myös projektikohtainen yläraja. (Lahdenperä & Koppinen 2003, s. 32)

Jotta aikataulutavoitteiden täytyminen voidaan todentaa, on hankkeelle määritettävä valmistumispäivä ja välitavoitteet. Usein myös välitavoitteiden täytyminen on osa palkkiomaksuperustetta. Aikataulutavoitteiden seuraamista voidaan seurata esimerkiksi kuukausittain aikatauluun päivitetyin toteumaprosentin avulla. (Lahdenperä & Koppinen 2003, s. 35)

Aikataulukannustimen käytöstä on saatu hyvä kokemuksia ja sen avulla on päästy aikataulusäästöihin. Myöskään laatutason ei ole katsottu kärsineen nopeammasta toteutuksesta, sillä uudelleen tekemisen riski halutaan minimoida. Myös lyhyempi rakennusaika on tuonut säästöä aikasidonnaisissa kustannuksissa. Toisaalta taas kannustimet voivat nostaa rakennushankkeen kokonaisinvestointikustannuksia, jotka aiheutuvat palkkiosta ja hallinnollisista kustannuksista kannustinjärjestelmän käytöstä tavoitteiden seuraamisessa. Myös tarjouksien hinnat voivat nousta, kun aikataulutavoitetta käytetään kannustinkriteerinä, sillä nopea toteutus sisältää myöhästymissakkoriskit sekä mahdollisen viikoittaisen työajan pidentymisen riskit. (Lahdenperä & Koppinen 2003, s. 36)

## **2.8 Aliurakan ohjaus ja valvonta**

Valvonnan avulla pääurakoitsija tiedottaa, havainnoi ja kirjaa puutteita ylös, jotka voivat estää sopimuksen mukaisen toteutumisen. Ohjauksen avulla pääurakoitsija puolestaan antaa aliurakoitsijalle tietoja, ohjeita ja määräyksiä, jotta työt voidaan tehdä sopimuksen puitteissa. Pääurakoitsija ei kuitenkaan ohjaa aliurakoitsijan työtä, vaan tuotannonohjaustoimenpiteet kuuluvat aliurakoitsijan työnjohdolle. Pääurakoitsijan on taas varmistettavan aliurakoitsijan aloitusedellytykset työkohteella huolehtimalla muun tuotannon etenemisestä. (Junnonen & Kankainen 2012, s. 44)

Aliurakoita ohjataan erilaisten kokousten avulla, jossa valvotaan, että sopimuksen mukaiset velvoitteet täyttyvät. Ainoastaan sopimuksessa sovittuja velvoitteita voidaan vaatia. Kokoukset ovat pääurakoitsijan ja aliurakoitsijan välisiä. Ensimmäinen kokous on aloituskokous, jossa varmistetaan työkohteen aloitus edellytykset ja materiaalien toimitus. Lisäksi aloituskokouksessa tulee käydä myös aliurakoitsijan työntekijöiden kanssa työhön liittyvät laadulliset ja työvaiheen työturvallisuuteen liittyvät asiat. Samoin mallitoista sovitaan. Yleensä ensimmäinen työkohde toimii mallityönä. Niiden avulla voidaan

täsmentää työn laatuvaatimuksia myös työntekijöille ja havaitaan laatuvirheet ajoissa. Muita kokouksia ovat urakoitsijakokoukset, työmaakokoukset ja loppukokoukset. Kaikista kokouksista tulee kirjoittaa pöytäkirja. Pääurakoitsija voi ohjata aliurakoitsijaa myös sopimukseen liitettävien maksuerien tai erilaisten sopimusvelvoitteiden avulla. (Junnonen & Kankainen 2012, s. 67-69)

Pääurakoitsija valvoo aliurakoitsijan työn sopimuksen mukaista edistymistä viikoittain ja arvioi työn valmiusastetta. Valvontaa voidaan suorittaa mm. paikka-aikakaavion avulla tai erilaisten vinjettien avulla. Valvonnassa on huomioitava, että sopimuksen mukaiset sakolliset ja sakottomat välitavoitteet saavutetaan, työt alkavat ajallaan, työssä ei tule keskeytyksiä, työn eteneminen on sovitun mukaista, työt etenevät lohkoista toiseen suunnitellussa järjestyksessä ja työkohteet vapautuvat seuraavalle täysin valmiina ilman laatuvirheitä. (Junnonen & Kankainen 2012, s. 68-69)

Mikäli pääurakoitsija huomaa aliurakoitsijan toiminnassa puutteita, hän voi antaa aliurakoitsijalle reklamaation. Reklamaatiolla tarkoitetaan huomautusta, jolla on tarkoitus taata omat oikeutensa. Reklamaatiota voidaan siis pitää eräänlaisena aliurakoinnin ohjauksena. Jos reklamaatiota ei anneta, osapuoli voi olettaa, että kaikki toiminta sujuu häiriöttä. Reklamaation voi antaa kirjallisena, sen voi kirjauttaa työmaakokouksen tai urakoitsijakokouksen pöytäkirjaan tai työmaapäiväkirjaan. Reklamaatioon tulee tutustua ja siihen tulee aina vastata. Vastaamatta jättäminen katsotaan reklamaation hyväksymisenä, vaikka reklamaatio olisi aiheeton tai sopimuksen vastainen. (Junnonen & Kankainen 2012, s. 102, 104)

## **2.9 Last Planner System rakentamisessa**

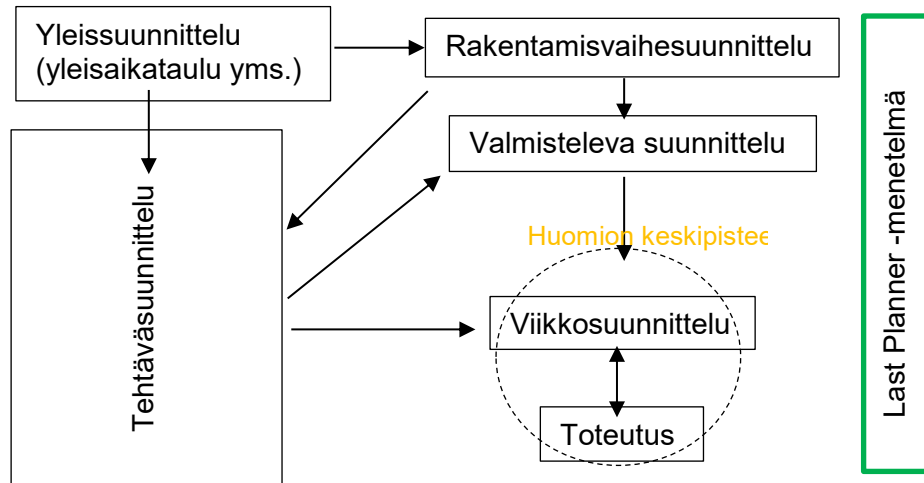
Last Planner System, josta käytetään lyhennettä LPS, kehitettiin 1990-luvulla Yhdysvalloissa. Se on tunnetuimpia Lean Rakentamisen -työkaluja lyhyen aikavälin suunnitteluun ja ohjaukseen. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s. 16) Last Planner -menetelmällä pyritään poistamaan aloitusongelmat, tehtävän aikaiset ongelmat sekä lopetuksen ongelmat varmistamalla viikkotehtävien aloitusedellytykset 4-6 viikon ajalta (Koskela & Koskenvesa 2003, s. 3; Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s. 105). Kyseessä on siis imuohjaus, jossa jatkuvalla varmistamisella taataan mm. piirustusten ja materiaalin olemassaolo ja saatavuus (Koskela & Koskenvesa 2003, s. 19).

Kuvassa 11 on kuvattu Last Planner -menetelmän painopistealue, joka koostuu yleisai-kataulusta, tehtäväsuunnittelusta, rakentamisvaihesuunnittelusta, valmisteleavasta suunnittelusta, viikkosuunnittelusta ja toteutuksesta. Kaikki lähtee liikkeelle työmaalle luodusta yleisaikataulusta. (Koskela et al. 2004, s. 13)

Tehtäväsuunnitelmassa käsitellään työvaiheeseen liittyvät taloudelliset ja ajalliset sekä laatuun liittyvä suunnittelu. Last Planner -menettelyllä voidaan viikkotasolla valvoa tehtäväsuunnitelmien tehtävien toteutumista sekä varmistaa suunniteltujen resurssien käyttö. Tehtäväsuunnittelu ja Last Planner ovat enemmänkin toisiaan täydentäviä menettelyjä, joiden avulla tuotannonohjausta voidaan helpottaa. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s. 105)

Rakentamisvaihesuunnittelulla, joka tehdään myös yleisaikataulun pohjalta, luodaan edellytykset viikkosuunnittelulle ja valmistelevalle suunnittelulle. Sen avulla mietitään mitä kyseisessä rakentamisvaiheessa kuuluu tehdä yhteistyössä eri töiden vastuuhenkilöiden kesken. Rakentamisvaihesuunnittelun avulla pystytään yhteistyötä eri toteuttajien kesken helpottamaan, saadaan eri osapuolten ja toteuttajien tietämys suunnittelun lähtökohdista sekä sitouttamaan heidät suunnitelmaansa. Rakentamisvaihesuunnittelu voidaan tehdä niin, että kokoonnutaan tilaan, jossa on tarpeeksi seinätilaa, johon suunnittelua voidaan tehdä imuperiaatteella. Tämä tarkoittaa sitä, että lähdetään liikkeelle kyseisen rakentamisvaiheen lopputilanteesta, jossa vastuuhenkilöt merkitsevät lopputilanteen aikaansaamiseksi tarpeelliset tehtävät esimerkiksi post-it -lapuilla. Jos tehtävän aloitusedellytykset vaativat tiettyjä edellytyksiä toiselta vastuuhenkilöltä, ne tuodaan ilmi ja kukin osapuoli ilmoittaa nettoajan, jonka aikana omat tehtävät voidaan toteuttaa. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s. 106)

Valmistelevalle suunnittelussa luodaan seuraavien 4-6 viikon tehtäville edellytyksiä ja varmistetaan tehtävien toteutettavuus. Valmistelevalle suunnittelussa tehtävät hyväksytään aloitettavaksi, jos edellytykset ovat kunnossa. Keskeisimmät edellytykset, jotka esiintyvät Last Planner-viikkosuunnittelulomakkeessa, ovat tuotantonopeus, suunnitelmat, sopimukset, työryhmät, edeltävät ja liittyvät työt, koneet ja kalusto, materiaalit, olosuhteet, turvallisuus, jätehuolto ja mesta. Kyse on imuohjauksesta, jossa näiden edellytysten olemassaolo ja saatavuus varmistetaan jatkuvasti. Valmistelevalle suunnittelun jälkeen päästään viikkosuunnitelmaan ja toteutuksen valvontaa. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s. 106-107)



**Kuva 11.** Last Planner -menetelmän painopistealue (mukailtu Koskela et al. 2004, s. 13).

Viikkosuunnitelman laatiminen ja valvonta ovat menetelmän keskeiset osat. Viikkosuunnitelmien pohjalta mitataan toteutumisastetta ja selvitetään syyt tehtävien toteutumatta jäämiseen. Viikkosuunnitelmaan kelpaavat vain ne tehtävät, joissa aloitusedellytykset ovat kunnossa, joiden työmäärä on osattu arvioida, tehtävä on hyvin määritelty ja se on työjärjestyksen kannalta tarkoituksen mukainen. Last Planner -menetelmällä pyritään ylläpitämään riittävä varanto aloituskelpoisia työtehtäviä. (Koskela & Koskenvesa 2003 s. 3, 14, 17-18)

Viikkosuunnittelun tekoon ja seurantaan osallistuvat ne henkilöt, jotka voivat luvata, että suunnitellut tehtävät tulevat tehdyiksi (Macomber 2001, s. 6). Rakennustyömaalla tämä tarkoittaa kaikkia työnjohtajia, työryhmien ja aliurakoitsijoiden edustajia (Koskela et al. 2004, s. 24). Viikkosuunnittelupalaveri pitää sisällään valmistelu-, neuvottelu- ja sitoutumisvaiheen. Valmisteluvaiheessa tarkastetaan tehtävien tosiasiallinen tilanne ja valmistellaan seuraavan viikon tehtävät työryhmän kanssa. Neuvotteluvaiheessa on tarkoituksena koordinoita töitä, joiden välillä on riippuvuuksia. Sitoutumisvaiheessa tehtävä otetaan viikkosuunnitelmaan mukaan ainoastaan, jos tehtävän vastuhenkilö voi luvata sen toteutumisen eli antaa luotettavan lupauksen. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s. 107) Macomberin mukaan (2001, s. 2-3) on olemassa viisi edellytystä luotettavalle lupaukselle:

1. Työntekijälle ja -teettäjälle on selvillä työsuorituksen vaatimukset.
2. Tekijä on pätevä suorittamaan tehtävän.
3. Tekijä on arvioinut työsuorituksen ajan ja varannut siihen tarvittavan ajan.

4. Tekijä esittää vilpittömän lupauksen työn suorittamisesta.
5. Tekijä seisoo lupauksensa takana toi tulevaisuus mitä tullessaan. Hän ottaa vastuun kaikesta, mikäli lupausta ei voida suorittaa. (Macomber 2001, s. 2-3)

Viikkosuunnitelman toteutumista mitataan ja valvotaan viikon lopussa. Mittaus tapahtuu ns. TTP-luvulla, joka tulee sanoista tehtävien toteutumisprosentti. TTP on yksi Lean Rakentamisen -työkaluja. Englanninkielessä puhutaan PPC -luvusta, joka tulee sanoista *Percent of Plan (Promises) Complete*. TTP -luku saadaan, kun jaetaan vain täysin suoritettut tehtävät koko viikon suunniteltujen tehtävien lukumäärällä. Suoritettuihin tehtäviin lasketaan mukaan ainoastaan ne tehtävät, jotka ovat 100 % valmiita, ei 90 % tai 95 % valmiita. (Macomber 2001, s. 5-6) Hyvästä työsuorituksesta voidaan puhua, jos TTP-luku on yli 80 %. Puolestaan huonosta työsuorituksesta voidaan puhua, jos TTP-luku on alle 60 %. (Howell & Macombe, 2002, s. 10)

Tarkastaminen luo merkitystä, kun viikkosuunnitelmat on tarkoitettu toteuttaviksi, suunnitellut tehtävät todetaan tehdyiksi ja tehtävien toteutumatta jättämisestä saadaan tietoa tuotantosuunnittelu- ja tuotantojärjestelmän toimivuudesta ja mahdollisten ongelmien syistä. Koska Last Planner System on osa Lean Rakentamista, myös jatkuva parantaminen on osa Last Planner -menetelmää. Jatkuvan parantamisen tarkoituksena on poistaa ongelmia ja saavuttaa entistä parempi tuotannonohjaus. Tilanteessa, jossa viikkosuunnitelma ei toteutunut, tulee vastuuhenkilön antaa selvitys siitä, miksi viikkosuunnitelma ei toteutunut. Syiden esiintymisestä pidetään tilastoa. Syitä viikkosuunnitelman tehtävien toteutumatta jättämiseen voidaan selvittää myös 5xMiksi -kysymysten kautta eli toistamalla kysymyksen miksi viisi kertaa, jotta todelliset syyt löytyvät. Viikkosuunnittelun toteutuneiden ja toteutumatta jääneiden tehtävien seurannalla saadaan hyvää tietoa tuotannon ongelmista. (Koskela et al. 2004, s. 27, 31, 33; Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s. 108)

## 2.10 Visuaalinen johtaminen

Entistä parempaa tiedonjakoa voidaan toteuttaa visuaalisella johtamisella (Koistinen & Koskenvesa 2014, s. 140). Esimerkiksi Toyota ei käytä mittareita työntekijöiden käyttäytymisen kontrolloimiseen vaan tarjoaa työntekijöille läpinäkyvän ja ymmärrettävän tavan mitata edistymistään. Visuaalisen johtamisen painoarvo on se, että se selkeyttää odotuksia, määrittelee jokaisen osanottajan vastuun, antaa heille kyvyn seurata edistymistään ja mitata itsensä kehittymistä. Johtajan on siis varmistettava, että visuaaliset johtamisjärjestelmät ovat ymmärrettäviä ja keskittyvät oikeisiin kysymyksiin. Visuaalista johtamista toteutetaan Toyotalla päivittäin noin 30 minuutin kokouksissa, johon kutsutut

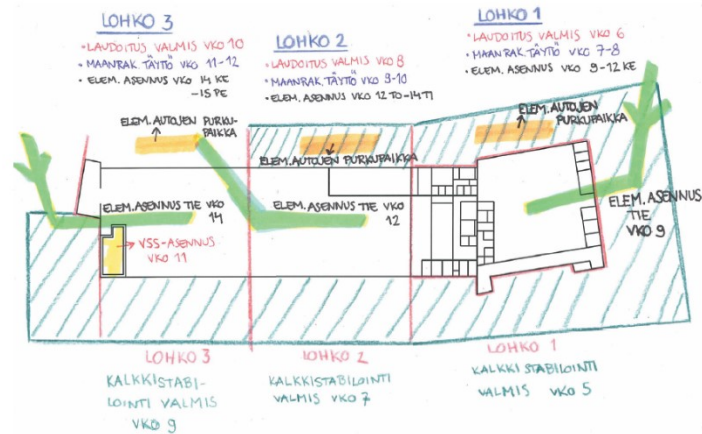
osallistuivat ja raportoivat edistymisestään tai ongelmistaan edellisen kokoukseen nähdessä. Kaikki informaatio esitettiin seinällä niin, että on kaikille selvää, mikä on nykytila suhteessa tavoitteeseen. Erilaisten ilmaisimien kautta kerrottiin tehtävän tila. Ilmaisimet voivat olla värikoodein varustettuja magneetteja tai tarroja. Mikäli jokin tehtävä, joka ei ollut vihreä (tavoitteen mukainen), siitä vastuussa oleva henkilö varustautui kertomaan toimenpide-ehdotuksia ongelman hoitamiseksi. (Liker & Convis 2012, s. 100)

Visuaalisessa johtamisessa tärkeää onkin miettiä tarkoin tarjottavan tiedon määrää. Jos tietoa on tarjolla liikaa, se voi menettää tehonsa ja ylikuormittaa vastaanottajaa. Visuaalista johtamista hyödynnetään jo työmailla jonkin verran ja osittain vakiintunein käytäntöin, kuten työmaan pohja- ja aluekuvilla seinillä, opastekylteillä ja työturvallisuudessa. Visuaalisen johtamisen avulla voidaan luoda selkeämpi kuva projektin nykytilasta ja aikataulusta. Esimerkkejä ovat mm. pohjakuvavinjetit, paikka-aikakaavio sekä käännetty vaihe aikataulu. Käännetty vaihe aikataulu voidaan tehdä ilmoitustaululle post-it -lapuilla, joissa jokainen väri edustaa eri urakoitsijaa. Sen avulla voidaan havainnollistaa, kuinka omalla työllä on vaikutusta muiden työhön. Visuaalinen johtaminen helpottaa työmaan elämää, luo turvallisuutta ja madaltaa kielimuureja. (Koistinen & Koskenvesa 2014, s. 140-144)

### **2.10.1 Valvontavinjetit**

Luvussa 2.10 esiteltiin visuaalista johtamista tuotannonohjauksen eräänä apuvälineenä, joihin myös valvontavinjetit lukeutuvat. Valvontavinjettien avulla voidaan seurata töiden etenemistä, työkohteiden sitoutumista ja vapautumista eri osatehtävien osalta. Sen avulla saadaan nopea käsitys työvaiheiden tai osakohteiden valmiusasteesta. Valvontavinjetit on eräänlainen kuva, joka voidaan esittää matriisimuodossa tai merkinnät työvaiheen tai osakohteen valmiudesta voidaan merkitä esimerkiksi pohjakuvaan. Kuvassa 12 on esimerkki pohjakuva-vinjetin käytöstä, jossa pohjapiirustus on jaettu kolmeen lohkokoon. Lohkoille on määritetty viikkotasolla eri tehtäville eri väreillä tehtävien valmistumisaikat viikkotasolla. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s. 30-31)





**Kuva 12. Pohjakuva-vinjetti (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s. 31).**

Matriisimuodossa esitettyssä valvontavinjetissä reunoilla esitetään suunnitellut työt ja osakohteet. Matriisiruudukon ruutuihin kirjataan suunniteltu aloitus- ja lopetusajankohta. Ajankohta voidaan ilmaista esimerkiksi viikkonumeron mukaan tai tarkoin päivämäärin. Valvontavinjetissä, oli kyseessä matriisimuoto tai esimerkiksi pohjapiirustus, töiden etenemistä voidaan seurata rastitusperiaatteella ja/tai värien avulla, kuten Kuvassa 13 matriisimuotoisessa valvontavinjetissä on tehty. Periaatteena on, että ruudun yli vedetään poikittain viiva, kun työt osakohteessa on aloitettu tai että työt ovat osakohteessa 50 % valmiina. Tämä tarkoittaa, että osakohde on varattu kyseisen työn tekijälle. Kun osakohde on 100 % valmis voidaan vetää toinen poikittainen viiva, jolloin ruutuun tulee rasti. Osakohde vapautuu seuraavalle työvaiheelle. Väreinä voidaan käyttää vihreää, sinistä ja punaista. Vihreällä värillä viestitään sitä, että kohde on valmis, sinisellä että työ on käynnissä ja punaisella värillä että työ on myöhässä. Väreinä tai värien määrällä ei ole väliä, kunhan kaikki ovat tietoisia niiden merkityksestä. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s. 30-31)

Tehtävä	Kerros ja porras					
	A1	A2	A3	B1	B2	B3
Kiviseinät	5	5	7	7	12	12
Betonipintojen jälkityöt	6	7	7	11	12	12
Levyseinät ja -katot	10	10	11	12	13	13
Lattialaatoitus	11	11	12	14	16	17
Tasotetyöt	11	12	13	15	17	17
	14	14	13	18	17	17
	14	14	14	18	18	17
	17	16	14	21	20	18
	18	17	16	23	21	21

<div></div>	Ei ajankohtainen
<div></div>	Ajallaan
<div></div>	Etujasssa
<div></div>	Jäljessä
<div></div>	Työtä ei aloitettu
<div></div>	Työstä tehty 50 %
<div></div>	Työ valmis

**Kuva 13. Matriisimuotoinen valvontavinjetti (mukailtu Koskenvesa & Sahlstedt 2011, s. 31).**

### 3. TUTKIMUSMENETELMÄT JA -AINEISTO

Tässä luvussa esitellään retrospektiivisenä tutkimuksena Pilottityömaa 1 ja prospektiivisen tutkimuksena Pilottityömaa 2 ja niiden käytössä ollut aineisto. Pilottityömaiden 1 ja 2 aineisto on kerätty työmaiden dokumentoidun aineiston pohjalta, jotka ovat tallennettu YIT Suomi Oy:n pilvipalveluun. Lisäksi Pilottityömaan 2 aineistoa on kerätty myös diplomityöntekijän havainnoinnin avulla. Aineistoista on kerätty ainoastaan tähän tutkimukseen liittyvää materiaalia. Pilottityömaan 1 aineistoa on täydennetty tietyiltä osin haastattelututkimuksen pohjalta, sillä dokumentoitu aineisto oli osittain puutteellista ja ei niin yksiselitteistä projektin ulkopuoliselle henkilölle.

#### 3.1 Pilottityömaa 1

Peruskorjauskohteena oli 1.4.2018-31.5.2019 YIT:n pääkonttorin Kiinteistö Oy Panuntie 11 vanhan osan eli B-talon toimistokerrosten peruskorjaus. Peruskorjauskohteen urakamuotona YIT Rakennus Oy:n ja Tilaaja 1 välillä oli kiinteähintainen KVR eli kokonaisvastuurakentaminen, joka sisälsi suunnittelun ja rakennustyön. Pääsuoritusvelvollisuuteen YIT Rakennus Oy:lle kuului talotekniikan ja rakenteiden purkutyöt tarvittavin määrin sekä uusittavan talotekniikan suunnittelu. Lisäksi pääsuoritusvelvollisuuteen kuului rakennustekniset työt ja LVIAS-tekniset aputyöt.

KVR-sopimuksen lisäksi peruskorjaukseen kuului laskutyöurakka YIT Rakennus Oy:n ja YIT Oyj:n välillä. Laskutyöurakka koski tilamuutostöitä eli kaikkia kohteen rakennus- ja taloteknisiätöitä sekä päätoteuttajan tehtäviä, jotka olivat tarpeen rakennuskohteen rakentamiseksi A-, B- ja C-taloissa. Pilottityömaan 1 tilaajina toimi siis Tilaaja 1 ja YIT Oyj sekä pääurakoitsijana YIT Rakennus Oy. YIT Oyj kohteen käyttäjänä pysyi samana. Kohteen bruttoala B- ja C-talon osalta oli 48 700 m<sup>2</sup> ja kerrosala 25 500 m<sup>2</sup>, josta B-talon toimisto-osa 7 500 m<sup>2</sup>.

Seitsemänkerroksinen betonielementtirakenteinen rakennus oli valmistunut vuonna 1992. Ilmanvaihtokonehuone oli rakennuksen ylimmässä kerroksessa ja paikoitusilat sekä väestönsuoja sijaitsivat kellarikerroksessa K1 ja K2, joihin ei tehty muutoksia. Vesikattorakenteisiin, julkisivuun ja ulkoseiniin ei tehty muutoksia. Rakennuksen runkoon ja kuiluihin tehtävät muutokset koskivat ainoastaan talotekniikan tarvitsemia läpivientejä. Rakennukseen tehtävän talotekniikan uusimisen yhteydessä kerroksissa 2-6 uusitiin työ- ja neuvotteluhuoneiden huonejako ja lisättiin avotoimistotilaa. Näihin liittyvät muutostyöt koskivat täydentäviä sisäosia, kuten järjestelmäväliseiniä, kevyitä väliseiniä, sisäovia ja

alakattoja. Rakennusvarusteisiin tehtiin myös muutoksia varusteiden ja kiintokalusteiden osalta. Hissejä ei kohteessa uusittu.

Talotekniikan osalta uusittiin tilojen lämmitys, jäähdytys ja ilmanvaihtojärjestelmät lähes kokonaan kerroksissa 1-7. Kerroksiin rakennettiin uusi putkiverkosto vesikiertoisia lämmitys/jäähdytyspaneeleita varten. Ilmanvaihdon osalta muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta uusittiin kaikki huonelaitteet kanavistoineen kuilujen palopelleistä eteenpäin. Runkokanaviin tuli ilmamääräsäätimet. Viemärit uusittiin näkyviltä osin kerroksissa ja sukitusmenetelmällä kuilujen sekä tuuletuksien osalta. Lähes kaikki sähköjärjestelmät uusittiin. Rakennusautomaatiojärjestelmä, joka ohjaa, valvoo ja säätää rakennuksen LVIS-tekniisten laitteiden toimintoja, uusittiin paikoin. Kohteessa ollut rakennusautomaatiojärjestelmä jäi käyttöön alakeskusten osalta.

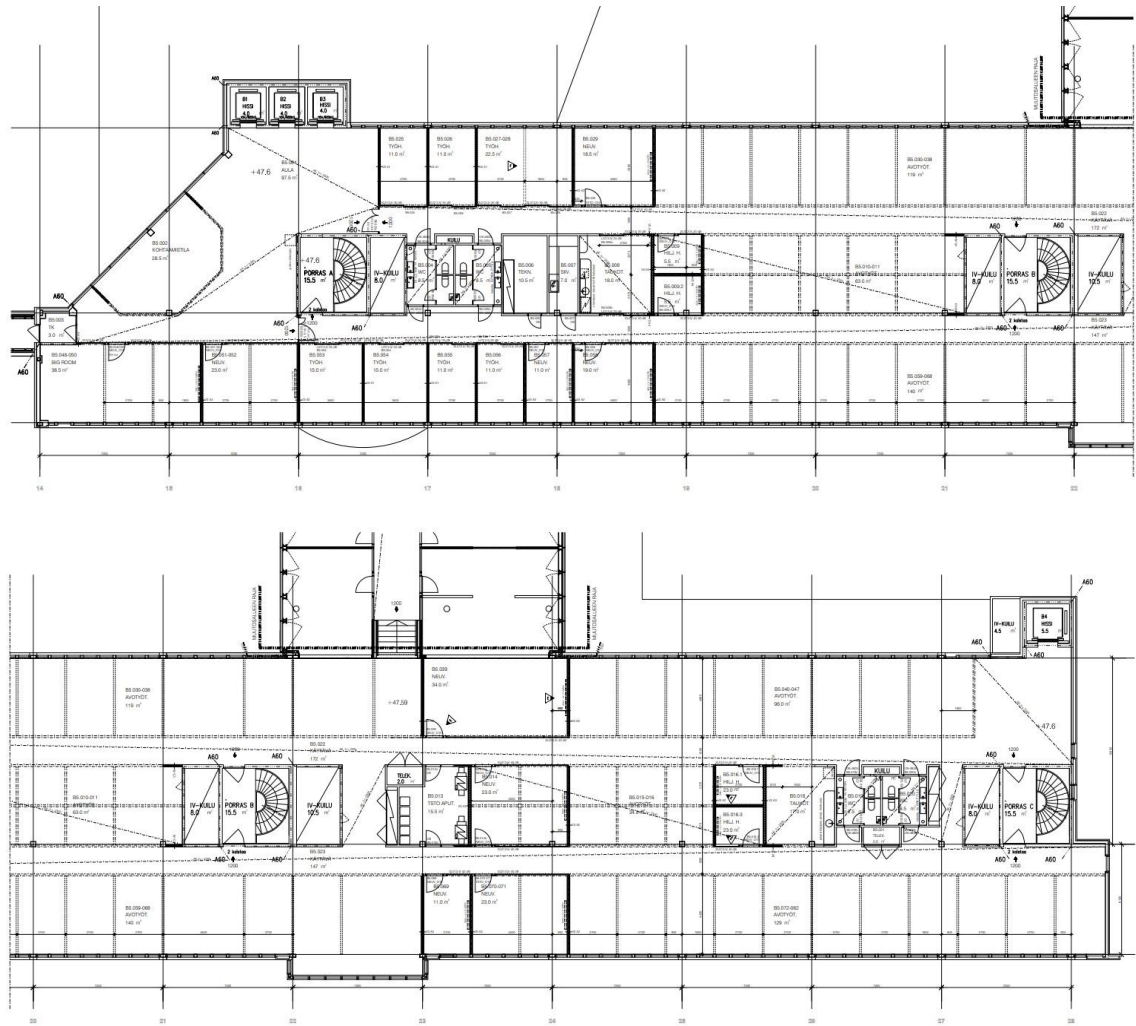
Kohteen organisaatio koostui työpäällikön lisäksi vastaavasta työnjohtajasta, yhdestä työnjohtajasta ja tuotantoinsinööristä sekä kolmesta työnjohtoharjoittelijasta.

### 3.1.1 Kohteen tahtiaikataulu

Yleisaikataulu kohteelle oli tehty Planet+ -aikatauluohjelmalla jana-aikatauluna, joka sisälsi rakennustekniset työt ja LVIAS-työt. Aikatauluun oli merkattu jokaiselle tehtävälle alku ja loppu sekä todellinen alku ja loppu. Resursseja, työsaavutuksia ja määriä ei yleisaikataulussa ollut nähtävillä. Työntenemistä seurattiin yleisaikataulun janakaaviossa prosenttein ja seurantaviivalla. Yleisaikataululle ei oltu tehty paikka-aikakaaviota vaan paikka-aika-kaavio toteutettiin Excelliin tehtynä tahtiaikatauluna. Luovutusvaiheesta ja talotekniikan työvaiheesta sukituksesta oli kohteelle tehty tarkempi jana-aikataulu samoin periaattein kuin yleisaikataulu.

Tahtiaikataulussa oli huomioitu kerrokset 2-6. Työmaa oli jaettu kerroskohtaisesti pitkitäin kahteen lohkoon A ja B. Kuvaa kerroskohtaisesta lohkojaosta tai SSU:sta ei ollut saatavilla. Kuvassa 14 on nähtävillä kohteen pohjapiirustus yhden kerroksen osalta.

Työt aloitettiin 2. kerroksesta, jonka jälkeen toteutettiin 6. kerros. Kerrokset olivat työmäärältään pienempiä kuin muut kerrokset. Kuudennen kerroksen jälkeen lähdettiin toteuttamaan kerrokset ylhäältä alaspäin eli seuraavan 5. kerroksen jälkeen tehtiin vasta 4. ja sitten 3. kerros.

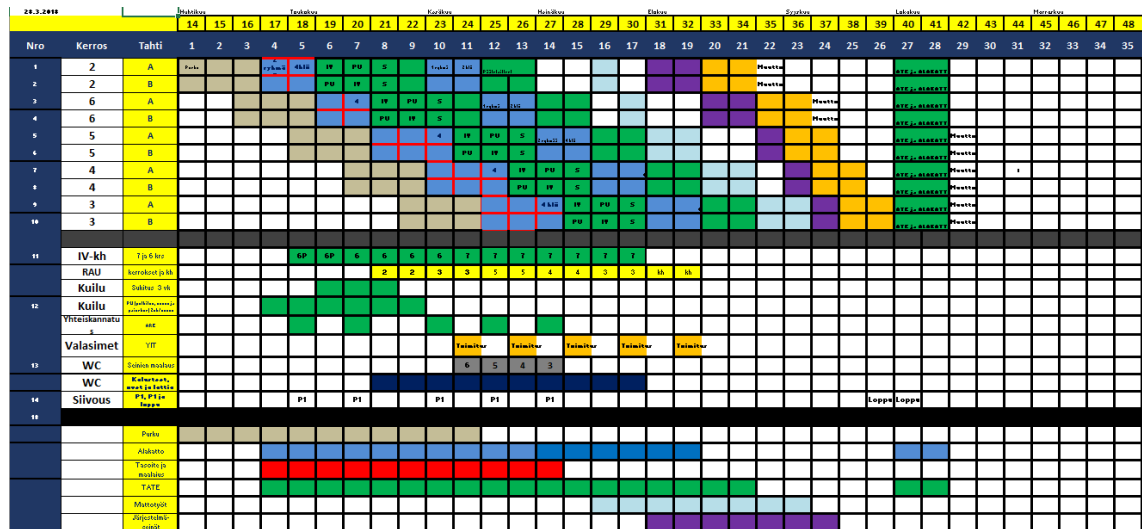


**Kuva 14.** *Pilottityömaan 1 pohjapiirustus yhden kerroksen osalta.*

Lopullinen tahtiaikataulu luotiin maaliskuun lopulla 2018. Tahtiaikataulun läpimenoaika oli 28 viikkoa eli noin 6 kuukautta. Tahtiaikataulu oli tehty vuoden 2018 huhtikuun viikosta 14 alkaen ja se päättyi lokakuun viikkoon 41 vuonna 2018. Tahtiaikatauluun oli huomioitu myös riskivaroja, jotka näkyvät tahtiaikataulussa valkoisina eli ns. tyhjinä vaunuina. Erityisesti 2. ja 6. kerroksessa oli puskuria, sillä ne olivat pienempiä verrattuna muihin kerroksiin. Tahtiaikatauluun oli otettu vain arkipäivät klo 7-15.30. Ilta- ja viikonlopputyöt toimivat myös riskivaroiksi ja niitä tehtiin sovittaessa. Tahtiaikataulussa oli mukana 7 työpakettia eli vaunua: purkutyöt, alakattotyöt, tasoite- ja maalaustyöt, talotekniikkatyöt kerroksissa, mattotyöt, järjestelmäseinätyöt sekä vaunu, joka sisälsi luovutusvaiheen työt. Vaunujen sisältäviä työvaiheita ei ollut nähtävillä.

Tahtiaikataulu oli tehnyt Exceliin viikkotasolle ja päivittäistasolle. Kuvassa 15 on esitetty Pilottityömaan 1 normitason eli viikkotason tahtiaikataulu. Tahtiaikataulun ylimmässä osassa oli esitetty tahdistavat työvaiheet eli virallinen tahtiaikataulu. Toisessa tasossa oli

esitetty ei-tahdistavat työvaiheet. Kolmannessa tasossa oli esitetty tahdistavat työvaiheet janoina.



Kuva 15. Pilotitetyömaan 1 normitason eli viikkotason tahtiaikataulu.

Viikkotason aikataulusta oli nähtävillä, että työt oli urakoitsijoille jaettu pääosin 2 viikkoa per kerros. Poikkeuksena oli purku-urakka ja talotekniikka 3 viikkoa per kerros. Yhdelle vaunulle oli varattu koko kerros eli kummatkin lohkot käyttöön. Töiden limitystä oli havaittavissa tahtiaikataulussa, niin että saman urakoitsijan työt saattoivat olla menossa kahdella loholla ja tahdin loppuajasta osittain eri kerroksessa yhtä aikaa eli maksimissaan neljällä loholla yhtä aikaa, kuten Kuvassa 15 purkutöiden ja talotekniikkatöiden osalta on havaittavissa.

Kaksi viimeistä viikkoa 40-41 ennen käyttäjien muuttoa oli varattu talotekniikan säädöille ja alakattojen sulkemiselle. Työmaa oli varannut loppusiivoukseen, talotekniikan säätöihin ja mittauksiin 2 viikkoa per kerros alkaen viikolta 33 2. kerroksessa ja päättyen viikon 39 loppuun 3. kerrokseen. 3.-6. kerroksessa nämä työt tahtiaikataulussa olivat limittäin niin, että luovutusvaiheentyöt olivat kahdessa kerroksessa yhtä aikaa menossa.

Kuvassa 16 on puolestaan nähtävillä ote kohteen päivätason tahtiaikataulusta. Päivätason tahtiaikatauluun oli huomioitu resurssit työryhmittäin sekä logistiikan kannalta tärkeimpiä toimituspäiviä.

**Kuva 16.** Ote kohteen *Pilottityömaan 1* päivätason tahtiaikataulu.

### 3.1.2 Kohteen suunnitelman mukainen eteneminen

Kohteen aikataulutilannetta oli käsitelty urakoitsijakokouksissa ja työmaakokouksissa sekä toimihenkilöiden omissa viikkopalavereissa. Urakoitsijakokouksissa käsiteltiin yleisesti aikataulutilanne. Mikäli oltiin myöhässä jonkin työvaiheen aloituksen suhteen, oli pöytäkirjaan merkattu myöhästymisen syy. Yleisesti syinä oli joko suunnitelmapuutteet, työvaiheen aloituksen viivästyminen tai tuotteiden pitkät toimitusajat. Työmaakokouksissa tahtiaikataulu oli työmaakokouksien liitteenä muutamassa ensimmäisessä kokouksessa. Työmaakokouksessa oli kuitenkin sovittu, että aikatauluseuranta tehdään työmaakokouksiin yleisaikataulun jana-aikatauluversioon. Työmaakokouksien pöytäkirjoista kävi ilmi, että talotekniikkaurakoitsijalla oli ollut ongelmia pysyä aikataulussa koko projektin ajan.

Tahtiaikataulun seuranta oli dokumentoitu pilvipalveluun tuotantoinsinöörin kesälomasijainen omalla Word-pohjalla viikkoina 26-27, 29 eli kesä-heinäkuun vaihteelta. Seuranta oli tehty mainittuina viikkoina päivä- ja kerroskohtaisesti. Seurantaan oli kirjattu mikä tilanne oli ollut minäkin päivänä, muttei poikkeamien syitä tai niiden korjaavia toimenpiteitä. Kuitenkaan seurannassa ei tarkemmin kerrottu, oliko viikon tai päivän työ saavutettu suunnitellussa tahtiaikataulussa. Purku-urakan etenemistä, alakattoja ja alakatto-otsia oli seurattu pohjapiirustusten perusteella 2. ja 6. kerroksen osalta. Piirustuksiin oli nuolella piirretty alueet ja milloin kyseiset alueet olivat valmistuneet. Muuten seuranta ei oltu dokumentoitu.

Pilottityömaa 1 oli ottanut käyttöön estelokin, johon urakoitsijoiden oli heti tuotava ilmi havaitsemansa esteet. Estelokissa ilmoitettiin estynyt tehtävä ja rajoituksen kuvaus, vaikutus ja vastuuhenkilö sekä päivämäärät esteen havaitsemisesta, koska este oli luvattu korjattavaksi ja koska se oli todellisuudessa toteutunut.

### 3.1.3 Kohteen keskeiset aliurakkasopimukset

Pilottityömaan 1 keskeiset aliurakkasopimukset valittiin tutkimukseen sen perusteella, mitä keskeisiä työvaiheita oli työmaan tahtiaikataulussa. Pilottityömaan 1 osalta keskeisimmät aliurakat olivat purku-urakka, alakattourakka, LVIS-urakka, mattotyöt, järjestelmäseinät sekä maalaus- ja tasoitetyöt. Urakkasopimukset olivat tehty YIT:n omaan sopimuspohjaan, joka kattaa valmiiksi tietyt YSE 1998 mukaiset ja muut YIT Suomi Oy:n toimintatavan mukaiset kirjaukset, jotka toistuvat kaikissa aliurakkasopimuksissa. Näistä keskeisimmistä aliurakkasopimuksista on nostettu esille dokumentoidun aineiston perustella tässä luvussa tahtituotantoon ja siihen sitouttamiseen liittyviä valmiista sopimuspohjasta poikkeavia kirjauksia.

Uutta tuotantomallia ei oltu huomioitu keskeisempien aliurakoitsijoiden tarjouspyynnöissä. Tahtituotantoa käsiteltiin aliurakoitsijoiden kanssa ensimmäistä kertaa aliurakaneuvotteluissa. Tahtituotanto käyttäminen Pilottityömaalla 1 oli kirjattu yhteneväisesti urakkaneuvottelupöytäkirjaan tai aliurakkasopimukseen seuraavasti:

”Töiden sujuvoittamiseksi työmaalla tullaan käyttämään tahtisuunnittelua, joka tarkoittaa, että urakoitsijan tulee noudattaa työssä ja logistiikassa paikka-aika-aikataulua sekä osallistua päivittäisohjaukseen. Tavoitteena on toteuttaa koko hanke kokonaistaloudellisimmalla tavalla, jossa hukka poistetaan työvaiheista ja niiden välistä sekä jatkuvasti opitaan havaituista esteistä ja häiriöistä.

- Paikka-aika-aikataulu tarkoittaa, että urakoitsija tekee töitä sovitussa tahdissa sovitussa paikassa. Samoin suunnitellaan ja toteutetaan myös materiaalilogistiikka eli juuri oikea määrä oikeassa paikassa.
- Osallistua päivittäisjohtamiseen tarkoittaa, että urakoitsija on velvollinen raportoidaan päivittäin etenemisen, havaitut esteet töiden aloituksessa ja lopetuksessa sovitusta ajasta sekä työn aikaisista häiriöistä. Lisäksi urakoitsija on sitoutunut yhdessä pääurakoitsijan kanssa selvittää ko. esteiden ja häiriöiden juurisyyt sekä poistamaan ne välittömästi. ”

Lisäksi kaikissa keskeisimmissä aliurakoitsijoiden urakkaneuvottelupöytäkirjoissa, paitsi LVIS-urakassa, oli maininnat, että urakoitsijan tulee huolehtia riittävästä resursseista ja sitouduttava tilaajan tekemään aikatauluun. LVIS-urakan urakkaneuvottelussa oli kuitenkin nostettu esiin ensimmäinen maksuerä, jossa aikataulu ja resurssisuunnitelma (varamiehineen) on esitetty ja hyväksytty tilaajan toimesta.

Sopimuksissa oli vaihtelevia kirjauksia sakollisten välitavoitteiden osalta. Kerroksen valmistumista sakollisissa välitavoitteissa käytettiin purku-urakassa, alakattourakassa, mattoissa, järjestelmäseinissä ja maalaus- ja tasoitetöissä. LVIS-töiden osalta sakolliseksi välitavoitteeksi oli kirjattu tietty viikko toimintakoevalmiudelle. Muutoin oli kirjattu töiden alkamiselle ja loppumiselle, että ajankohdat määräytyvät tahtiaikataulun mukaan. Aliurakkasopimuksissa oli käytetty YSE 1998 poikkeavaa viivästyssakkoa, joka oli suurempi kuin YSE 1998 on määritelty. Mitään erillisiä kannustumia ei oltu huomioitu missään kaupallisissa asiakirjoissa.

Kaikkien aliurakoitsijoiden sopimukseen, oli viety, että aliurakoitsijan tulee osallistua kaikkiin tilaajan vaatimiin kokouksiin. Lisäksi oli kirjattu, että on noudatettava työmaan viikkoaikatauluja paitsi purku-urakan sopimukseen. Kaikkien muiden tässä luvussa esitellyn aliurakkasopimusten liitteenä oli tahtiaikataulu paitsi LVIS-urakan. Tahtiaikataulua oli kuitenkin käsitelty LVIS-urakan urakkaneuvotteluissa.

### 3.2 Pilottityömaa 2

Muutostyön kohteena oli kahdeksan kerroksisen vuonna 1988 valmistuneen elementtirakenteisen toimistorakennuksen 2., 3. ja 7. kerroksen tilat sekä rakennuksen K1-kerroksen infoalue ja sosiaalitilat. Tilaaja 2 oli teettänyt kerrosten 2, 3 ja 7 osalta purkutyöt erillisurakkana ennen kuin YIT Suomi Oy otti työmaan vastaan. K1-kerroksen osalta purkutyöt kuuluivat Pilottityömaan 2 urakkaan. Toimistotilakerrosten 2, 3 ja 7 bruttoala oli 5 253  $\text{bm}^2$ , joka jakautui lähes tasan näiden kerrosten välillä. Pilottityömaan 2 Tilaajalla 2 oli tavoitteena luoda nopean toteutuksen malli toimistotilojen sisäpuolisen korjaustöiden toteuttamiseen. Toimintamallin luomiseksi urakoisijaehdokkaiden kanssa järjestettiin hankkeen kehitysvaiheessa työpajoja.

Muutostyöt toteutettiin tavoitehintaisena projektinjohtourakkamuotona. Tilaajalla 2 oli hankkeessa oma rakennuttajakonsultti. Tilaaja 2 valitsi kohteen suunnittelijat ja teki suunnittelusopimukset nimiinsä. Projektinjohtourakoitsija ohjasi teknistä suunnittelua toteutussuunnittelun osalta yhdessä Tilaajan 2 ja rakennuttajaorganisaation kanssa. Projektinjohtourakoitsijalla oli kohteessa oma talotekniikkakoordinaattoriharjoittelija, joka vastasi taloteknisten töiden suunnittelusta ja toteutuksesta. Kohteessa hyödynnettiin tietomallintamista. Kohteen alussa vastaavaa työnjohtajaa loman ajaksi tuli tuuraamaan toisen yksikön vastaava työnjohtaja noin kahdeksi kuukaudeksi. Kohteessa oli yksi työnjohtaja kohteen alusta loppuun ja loma-aikoina tuuraamassa oli kaksi työnjohtajaa. Pilottityömaan 2 loppuvaiheessa hankkeeseen tuli mukaan työnjohtoharjoittelija. Lisäksi kohteessa työskenteli lähes koko hankkeen ajan kaksi tuotantoinsinööriä, joista toinen on



tämän diplomityön kirjoittaja. Hankkeen alussa Pilottityömaa 2 työskenteli kaksi hankintainsinööriä.

Toimistotilat olivat aiemmin toimistokäytössä, jotka remontin yhteydessä muutettiin nykyaikaisiksi ja muuntojoustaviksi toimistotiloiksi. Toimistokerroksissa tehtiin mm. rakenteiden tiivistämistä, väliseinä- ja järjestelmäseiniä, mattotöitä, alakattotöitä, maalaus- ja tasoitetöitä sekä laatoitus- ja vedeneristetöitä. Rakennuksen julkisivuun tai vesikattoon ei tehty muutoksia. K1-kerroksen aulan infopisteen alue sekä sosiaalitilojen pukuhuone ja peseytymistilat uusittiin täysin. K1-kerrokseen lisättiin tasonostimia, jolla taattiin liikuntarajoitteisten pääsy rakennukseen.

Rakennuksen muut kerrokset ja yleiset tilat olivat käytössä koko rakennustöiden ajan. Häiritsevää runkomelua (piikkaus, poraus, raskaat purkutyöt, yms.) aiheuttavia työvaiheita ei saanut tehdä arkisin klo 9.00-15.00 välisenä aikana. Kohteessa oli rakennustöiden ja ilmanvaihdon puhtausluokka P1, jolloin työmaan tuli varmistaa käytössä olevien tilojen pölypuhtaus ja riittävä alipaineistus työmaa-alueella.

Alkuperäinen urakka-aika oli toimistokerroksissa 15.4.-16.12.2019. Pilottityömaalla 2 saatiin kuitenkin lisäaikaa, jolloin rakennustyöt valmistuivat eri vaiheissa toimistokerroksissa ja K1-kerroksen työt toteutettiin erillisen aikataulun mukaisesti. K1-kerroksen aikataulua ei tässä tutkimuksessa käsitellä tarkemmin, sillä se oli tahtituotannon ulkopuolella. 7. kerroksen osalta luovutus sovittiin 16.12.2019 ja 2. ja 3. kerrokselle 31.1.2020. Pilottityömaalle 2 myönnettyihin lisäaikoihin vaikuttivat monet erinäiset tekijät, jotka koostuivat mm. suunnitelmapuutteista, tiettyjen työvaiheiden laajuuden kasvamisesta ja työmaan myöhästyneestä vastaanotosta Tilaja 2 purku-urakoitsijalta.

### **3.2.1 Kohteen tahtiaikataulu**

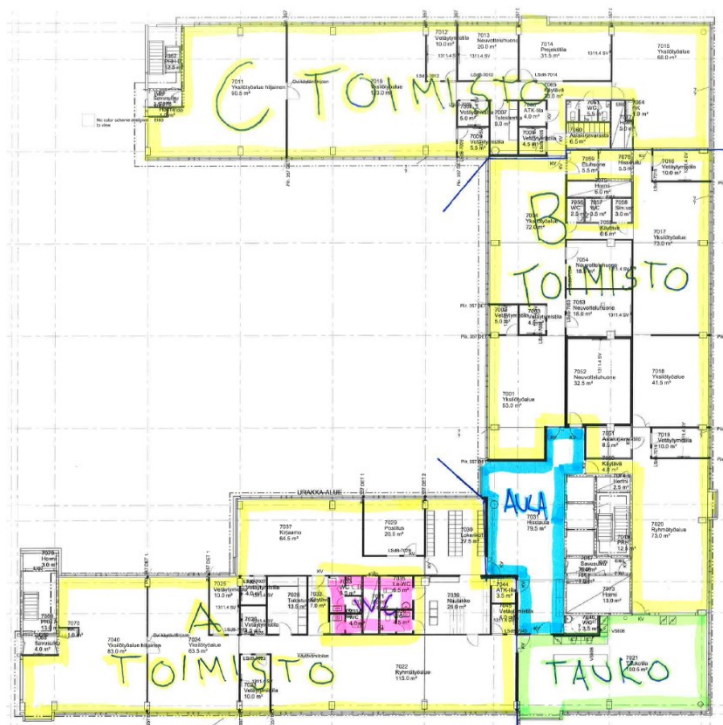
Työmaan toimihenkilöt kävivät ennen tahtisuunnitelman valmistumista neljä eri koulutusta. Koulutuksen pidettiin toukokuun lopussa vuonna 2019. Ensimmäinen oli Lean5 Europe Oy:n järjestämä koulutus lean-ajatusmaailmasta. Kaksi seuraavaa koulutusta olivat Mittaviiva Oy:n pitämiä koulutuksia tahtituotannosta. Viimeinen koulutus oli Juuriharja Consulting Group Oy:n yhteistoiminnan koulutus.

Pilottityömaalle 2 tahtiaikataulu tehtiin suoraan kohteen yleisaikataulun pohjalta, sillä yleisaikataulu oli jo mietitty hyvin tarkaksi. Yleisaikataulu laadittiin toukokuun alussa 2019. Kohteen yleisaikatauluun oli huomioitu kohteen rakennustekniset ja talotekniset työt. Näiden osalta yleisaikataulussa esitettiin työnkesto, sijainti sekä aikaisin alku ja ai-

kaisin loppu -päivämäärät. Resursseja, työsaavutuksia ja määriä ei yleisaikataulussa ollut nähtävillä. Yleisaikataulu oli toteutettu janakaaviona Tocoman Aikataulu -ohjelmalla. Yleisaikataulusta oli tehty myös paikka-aikakaavio.

Kohteen tahtituotannonsuunnittelu aloitettiin tahtialueiden määrittämisellä. Työmaa jaettiin Kuva 17 mukaisesti kolmeen lohkokoon toimistokerrosten 2, 3 ja 7 osalta. Lohkot valikoituivat kokonsa ja toiminnallisten tilojen vuoksi. Työ etenivät A-lohkolta C-lohkolle lähtien 7. kerroksesta edeten kolmanteen ja toiseen kerrokseen. Lohkoista eriytettiin vielä omiksi lohkoiksi wc-, aula- ja taukotila.

Pilottityömaa 2 tahtiaikataulusta ei tehty normitason eli viikkotason tahtiaikataulua. Kohteesta tehtiin ainoastaan päivätason tahtiaikataulu. Tilaaajalle 2 luotiin hyväksyttäväksi päivätason tahtiaikataulu heinäkuussa 2019. Tahtiaikataulun loi työmaan toinen tuotantoinisinööri yhdessä työnjohtajan ja vastaavan työnjohtajan kanssa yleisaikataulun pohjalta. Tahtiaikatauluun pyydettiin kommentteja aliurakoitsijoilta hankintaprosessin aikana työmaan ollessa käynnissä. Aliurakoitsijat eivät osallistuneet suoranaisesti tahtiaikataulun tekemiseen, vaan saivat kommentoida tahtiaikataulua. Tahtiaikataulua muutettiin aliurakoitsijoiden kommenttien perusteella. Hankintoja tehtiin pitkälle vielä tahtiaikataulun luonnin jälkeenkin. K1-kerrosta ei otettu huomiin tahtituotannossa ollenkaan, jolloin K1-kerroksesta tehtiin erillinen aikataulu.



**Kuva 17.** Pilottityömaan 2 lohkojako toimistokerroksissa.

Kuvasta 18 on nähtävillä ote kohteen päivätason tahtiaikataulusta. Numero- ja värimerkinnöille, jotka kuvastivat eri työvaiheita, oli omat selityksensä. Näistä otteet ovat nähtävillä Kuvasta 19. Nämä merkinnät helpottivat tahdin päivittäistä seurantaakin niin projektinjohtourakoitsijan kuin aliurakoitsijoiden työnjohdon ja työntekijöiden osalta. Päivätason tahtiaikataulu oli tehty hyvin tarkasti ja siihen oli otettu mukaan n. 60 eri työvaihetta.

Tahtiaikataulussa riskivarakseksi oli merkattu valkoiset rastimerkinnät, kuten Kuvassa 18 on nähtävillä. Riskivarakseksi oli myös luokiteltu klo 15:30 jälkeen tehtävät työt sekä viikonloput. Lisäksi riskivarakseksi aliurakoitsijoille oli ilmoitettu lisäajan saamisen jälkeen 7. kerroksen osalta viikon aiempi luovutuspäivä, 3. kerroksen osalta puolestaan kaksi viikkoa aiempi luovutuspäivä ja 2. kerroksen osalta viikon aiempi luovutuspäivä.

			ELOKUU												SYYSKUU														
			32			33			34			35			36			37			38			39					
Kerros		Lohko	Tahti	ma	ti	ke	to	pe	ma	ti	ke	to	pe	ma	ti	ke	to	pe	ma	ti	ke	to	pe	ma	ti	ke	to	pe	ma
7	A	Toimisto	38	38	38	39	39	39	40	40	40	22	22	30	23	23	23	24	24	24	PK	30	33	33	33	33	33	33	33
7	A	WC	29	30	21	21	21	16	16	15	15	18	18	17	17	19	19	11	11	24	27	27	25	42	42	42	43	46	47
7	B	Tauko	10	38	38	38	39	39	39	40	40	40	22	22	30	23	23	23	24	24	24	PK	30	33	33	33	33	33	33
7	B	Aula	10	38	38	38	39	39	39	40	40	40	22	22	30	23	23	23	24	24	24	PK	30	33	33	33	33	33	33
7	B	Toimisto	10	38	38	38	39	39	39	40	40	40	22	22	30	23	23	23	24	24	24	PK	30	33	33	33	33	33	33
7	C	Toimisto	10	29	10	38	38	38	39	39	40	40	40	22	22	30	23	23	23	24	24	24	PK	30	33	33	33	33	33
3	A	Toimisto	9	9	10	10	10	29	10	38	38	38	39	39	39	40	40	40	22	22	30	23	23	23	24	24	24	24	
3	A	WC	7	7	7	7	7	26	R	29	30	21	21	21	16	16	15	15	18	18	17	17	19	19	11	11	24	27	
3	B	Tauko	9	9	9	9	10	10	10	29	10	38	38	38	39	39	39	40	40	40	22	22	30	23	23	23	24	24	
3	B	Aula	9	9	9	9	10	10	10	29	10	38	38	38	39	39	39	40	40	40	22	22	30	23	23	23	24	24	
3	B	Toimisto	9	9	9	9	10	10	10	29	10	38	38	38	39	39	39	40	40	40	22	22	30	23	23	23	24	24	
3	C	Toimisto	9	9	9	9	10	10	10	29	10	38	38	38	39	39	39	40	40	40	22	22	30	23	23	23	24	24	
2	A	Toimisto	5	5	4	4	8	8	MITTA	9	9	9	10	10	10	29	10	38	38	38	39	39	39	40	40	40	22	22	
2	A	WC	5	5	4	4	8	8	MIES	7	7	7	7	7	7	26	R	29	30	21	21	21	16	16	15	15	18	18	
2	B	Tauko	5	5	4	4	8	8	MITTA	9	9	9	9	10	10	10	29	10	38	38	38	39	39	39	40	40	40	22	
2	B	Aula	5	5	4	4	8	8	MIES	9	9	9	9	10	10	10	29	10	38	38	38	39	39	39	40	40	40	22	
2	B	Toimisto	5	5	4	4	8	8	MIES	9	9	9	9	10	10	10	29	10	38	38	38	39	39	39	40	40	40	22	
2	C	Toimisto	5	5	4	4	8	8	MITTA	9	9	9	9	10	10	10	29	10	38	38	38	39	39	39	40	40	40	22	

**Kuva 18.** Ote Pilotittyömaan 2 tahtiaikataulun päivätasosta.

1	Hionnat	32	palokatkot
2	Rakenteiden tiivistys	33	jäähdytysputket
3	Hissiaulan valu	34	jäähdytyskytkentä
4	Lattioiden tasoitus	35	Järjestelmäseinät
5	etuputsit	36	Jäähdytyspaneelit
6	Palkkien vahvistukset	37	Päätyseinien lämmöneristys
7	muuraustyöt	38	Tasotus
8	pölynsidonta maalaus	39	Pohjamaalaus
9	kipsilevyotsat	40	Pintamaalaus
10	kipsilevyseinät	41	Kiintokalusteet
11	alakattorungot	42	wc-kalusteet
12	alakatto tekniikkalevyt	43	wc-varusteet
13	Katon yläpuolinen puhdistus	44	sähkökourut
14	ikkunakunnostus	45	Akustointi verho
15	seinien vedeneristys	46	Karmiasennus
16	kaatovalut	47	Ovilevyjen asennus
17	lattia vedeneristys	48	Heloitus
18	seinälaatoitus	49	metalliovet
19	lattiaaatoitus wc	50	Tekstiilimatot
20	lattiaaatoitus hissiaula	51	Vinyylilaatta
		52	Muovimatot
		53	Listoitus
		54	IV-päätelaitteet
		55	Valaisimet

**Kuva 19.** Ote Pilotittyömaan 2 työmaan tahtiaikataulun päivätason työvaiheiden numero- ja värikoodeista.

### 3.2.2 Kohteen suunnitelman mukainen eteneminen

Työmaakokouksissa seurattiin työmaan etenemistä prosentuaalisella toteumalla ja seurantaviivalla jana-aikataulussa. Tämä seurattu yleisaikataulu lisättiin myös työmaakokouksien pöytäkirjojen liitteeksi. Lopulta työmaakokouksissa aikatauluseurantana esitettiin päivätason tahtiaikatauluna, johon oli merkattu valvontavinjetin tavoin työn eteneminen rastimerkinnöin. Aikatauluviiveinä työmaakokouksiin oli kirjattu rakenteiden tiivistyksen laajuuden kasvu ja sen toteutustavan muuttuminen sekä kohteen lopulla talotekniikan myöhästymisen. Myöskin suunnitelma puutteet ja suunnitelmien saaminen työmaalle olivat aiheuttaneet viivettä työetenemisessä ja jättänyt paljon jälkitöitä. Aikatauluviiveitä kurottiin ilta- ja viikonlopputöinä, resurssien lisäämisellä ja vaihtamalla työväijäryhmiä.

Tahtiaikataulua seurattiin myös urakoitsijakokouksissa ja projektinjohtourakoitsijan omassa työnjohton viikkopalaverissa. Urakoitsijakokouksissa aikataulupoikkeamien syitä ei juurikaan avattu pöytäkirjoihin, ainoastaan aikataulutilanne. Toimihenkilöiden viikkopalaverissa aikataulun poikkeamat ja niiden syyt olivat kirjattu.

Työmaalla työmaan etenemistä seurattiin päivätasolla. Kuvassa 20 on nähtävillä työnjohtajan tahtiaikatauluun tehtyä valvontavinjettiaikatauluseurantaa. Töiden aloitus merkattiin puolikkaalla rastilla ja kokonaisella rastilla, kun työt olivat tehty. Työnjohtaja luopui omasta aikatauluseurannasta, kun tuotantoinsinööri aloitti tahtiaikataulun seuraamisen omaan Exceliin, jonne työnjohtaja ja tuotantoinsinööri päivittivät yhdessä viikoittain aikataulutilanteen.

			HEINÄKUU										ELOKUU										SYYSKUU									
			30		31		32		33		34		35		36		37		38													
Kerros	Lohko	Tahti	ma	ti	ke	to	pe	ma	ti	ke	to	pe	ma	ti	ke	to	pe	ma	ti	ke	to	pe	ma									
7	A	Toimisto																														
	A	WC																														
	B	Tauko																														
	B	Aula																														
	B	Toimisto																														
3	C	Toimisto																														
3	A	Toimisto																														
3	A	WC																														
3	B	Tauko																														
3	B	Aula																														
3	B	Toimisto																														
3	C	Toimisto																														
2	A	Toimisto																														
2	A	WC																														
2	B	Tauko																														
2	B	Aula																														
2	B	Toimisto																														
2	C	Toimisto																														

**Kuva 20.** Pilottityömaan 2 kerrostyönjohtajan aikatauluseuranta valvontavinjetin tavoin.

Kuvassa 21 on nähtävillä valokuva työmaatoimiston seinälle kiinnitetystä tahtiaikataulusta, johon projektinjohtourakoitsijan työnjohtajat ja aliurakoitsijan työjohtajat kävivät merkitsemässä työntenemisen vinjetistä tutulla rastitusmenetelmällä. Tahtiaikataulua oli myös työntekijöiden mahdollisuus käydä tarkistamassa.

Kerros	Lohko	A	B	C	Toimisto	WC	Aula	Tauko
7	A	Tahit						
7	A	Toimisto						
7	B	WC						
7	B	Tauko						
7	B	Aula						
3	C	Toimisto						
3	A	Toimisto						
3	A	Toimisto						
3	B	WC						
3	B	Tauko						
3	B	Aula						
3	C	Toimisto						
2	A	Toimisto						
2	A	WC						
2	B	Tauko						
2	B	Aula						
2	B	Toimisto						
2	C	Toimisto						

**Kuva 21.** Pilottityömaan 2 työmaatoimiston seinälle tulostettu päivätason tahtiaikataulu.

Pilottityömaan 1 aineiston ja haastattelujen pohjalta Pilottityömaalla 2 otettiin kokeeksi käyttöön esteloki ja nokkamiespalaverit. Estelokin tarkoituksena oli, että aliurakoitsijat voivat kirjata estelokiin havaitut esteet heti projektinjohtourakoitsijan tietoon. Estelokia oli tarkoitus käydä läpi urakoitsijakokouksissa, mutta estelokin käyttö jäi olemattomaksi. Projektinjohtourakoitsijan työnjohtaja otti kokeeksi myös pitää aamuisin ennen töiden aloittamista tilannekatsauksen päivän tehtävistä työvaiheista nokkamiesten kanssa. Tilaisuudessa kaikilla oli mahdollisuus ilmaista etenemisesteensä ja ne voitiin samalla ratkaista, mikäli oli mahdollista. Nokkamiespalavereiden pitäminen ei lähtenyt toivotulla tavalla käyntiin, sillä K1-kerroksen työt veivät kaikki resurssit ja osallistujamäärä vaihteli 0-2 henkilöön. K1-kerroksen luovutuksen jälkeen nokkamiespalavereita jatkettiin keskiviikkoamuisin, mutta osallistujia määrä jäi olemattomiin. Nokkamiespalaverista luovuttiin Pilottityömaan 2 osalta.

Pilottityömaan 2 aikataulua päivitettiin työmaan aikana kolme kertaa. Ensimmäisellä kerralla tahtiaikataulua päivitettiin lisääjän vuoksi. Toisen kerran tahtiaikataulua jouduttiin päivittämään elokuun 2019 lopussa. Tuotantoinsinööri päivitti tahtiaikataulun päivätason

version. Ennen tahtiaikataulun päivittämistä, tulevista muutoksista keskusteltiin urakoitsijoiden kanssa. Päivittäminen koski erityisesti 2. ja 3. kerroksen töiden etenemistä sekä resurssien kohdistamista 7. kerrokseen, sillä sen luovutus on aiemmin. Kuvasta 22 on nähtävillä ote päivitetystä tahtiaikataulu, jossa tasoite- ja maalaustöiden aloitusta on jouduttu siirtämään myöhemmäksi 2. ja 3. kerroksen osalta. Tasoite- ja maalaustyöt jäivät 7. kerroksen osalta jälkeen tahtiaikataulusta, jolloin silloinen tahtiaikataulu ei pitänyt enää paikkaansa eikä sen avulla voitu enää johtaa työtä. Tasoite- ja maalaustöiden aikataulusta jälkeen jäämiseen vaikuttivat eri syyt, kuten ulkoseinien lisääntyneet tasoitustyöt johtuen laajemmista tiivistys- ja hiontatöistä, joita ei oltu huomioitu alkuperäiseen tahtiaikatauluun. Maalausurakoitsija oli laskenut resurssit normaalin ulkoseinäkäsittelyn mukaan. Uusi päivitetty tahtiaikataulu 30.8.2019 käytiin maalausurakoitsijan kanssa läpi ja urakoitsijan lisäsi resursseja ja sitoutui uuteen aikatauluun. Maalausurakoitsija onnistui pysymään aikataulussa ja oli myöhemmin jopa osittain edellä 30.8. päivitetystä tahtiaikataulusta.

Myös edellisten työvaiheiden viivästyemisessä oli osuutensa, jotta maalaustöitä voitiin 7. kerroksessa aloittaa. Erityisesti tiivistyshionnat ja rakenteiden tiivistäminen etenivät odotettua hitaammin, jotka vaikuttivat myös kipsilevyväliseinien rakentamisen etenemiseen. Väliseinätöiden viivästyminen johtui pääsääntöisesti erkkeri ja ulkonurkkien suunnitelmapuutteista, jotka jättivät paljon jälkitöitä tehtäväksi. Hiontatöihin ja kipsilevyväliseinien rankojen kiinnittämiseen vaikutta myös se, että ne olivat meluavia töitä, eikä niitä saanut tehdä klo 9.00-15.00 välisenä aikana, jolloin työt tehtiin joko klo 6.00-9.00 tai klo 15.00-23.00 välisenä aikana. Ajankohta vaikeutti resurssien saamista työmaalle. Lisäksi tahtiaikataulun ulkopuolella oleva K1-kerroksen valmistuminen syyskuun puolivälissä vei paljon resursseja tahtiaikataulutetuista toimistokerroksista 2, 3 ja 7. Erityisesti talotekniikan osalta 7. kerroksen töiden aloitus viivästyí sovitusta tahtiaikataulusta. LVIA-urakoitsijan kanssa aloitettiin erilliset aikatauluseurantapalaverit, jossa käytiin läpi nykyinen aikataulutilanne ja millä toimenpiteillä aikataulu saataisiin kurottua. LVIA-urakoitsijan viive aikataulussa aiheutti myös sähköurakoitsijalle viivettä.

		SYYSKUU																																		
		36							37							38							39							40						
Kerros	Lohke	Tahti	ma	ti	ke	to	pe	ma	ti	ke	to	pe	ma	ti	ke	to	pe	ma	ti	ke	to	pe	ma	ti	ke	to	pe	ma	ti	ke	to	pe				
7	A	Toimisto	23	23	23	24	24	24-11-36	24-11-36	PK	33-11-36	33-11-36	33-11-36	33-11-36	33-12	12	PK	33-11-36	33-11-36	33-11-36	33-11-36	33-12	12	PK	33-11-36	33-11-36	33-11-36	33-12	12	PK	33-11-36	33-11-36				
7	B	Tauko	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40				
7	B	Aula	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40				
7	B	Toimisto	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40				
7	C	Toimisto	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40				
3	A	Toimisto	24	24	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24				
3	B	Tauko	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30				
3	B	Aula	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30				
3	B	Toimisto	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30				
3	C	Toimisto	22	22	30	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23				
2	A	Toimisto	9	10	10	10	US kipsi korjauk										30	23	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24			
2	B	Tauko	9	9	10	10	US kipsi korjauk										30	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23		
2	B	Aula	9	9	10	10	US kipsi korjauk										30	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23		
2	C	Toimisto	9	9	10	10	US kipsi korjauk										30	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23		
2	C	Toimisto	9	9	10	10	US kipsi korjauk										30	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23		

Kuva 22. Päivitetty tahtiaikataulu 30.8.2019.





Työmaan logistiikalla oli myös suuri merkitys tahtituotannon onnistumiseen Pilottityömaalla 2. Työmaan logistiikasta vastasi oma logistiikkaurakoitsija yhdessä projektinjoh-  
tourakoitsijan kanssa. Toimitettavat kuormat tuli ilmoittaa urakoitsijakokouksessa viikkoa  
ennen ja samoin oli ilmoitettava mitä tavaraa toimitetaan, jotta logistiikkaurakoitsija tiesi  
varata tarvittavat resurssit. Vaikka työmaalla oli oma logistiikkaurakoitsija, tuli aliurakoit-  
sijan, joka tavarat oli tilannut ottaa se vastaan ennen kuin logistiikkaurakoitsija haalasit  
tavarat kerroksiin. Tavarat vastaanotto- ja haalauspäivät olivat keskiviikko ja perjantai.  
Keskiviikkoa oli ns. varapäivä, mutta tarvittaessa myös muuna päivänä otettiin tavaraa  
vastaa, mikäli siitä oli ilmoitettu etukäteen. Mikäli tavaraa toimitettiin ilmoittamatta, kuor-  
mat käännettiin pois työmaalta. Työmaalle sai toimittaa vain viikon tavarat kerrallaan.  
Projektinjoh-  
tourakoitsija ohjasi ja valvoi, mihin tavarat työmaalla toimitetaan ilman, että  
ne olisivat jonkun muun aliurakoitsijan tiellä. Kerroksiin toimitettavien tavaroiden toimi-  
tuspai-  
kat käytiin läpi yhdessä logistiikkaurakoitsijan ja tavaraa tarvitsen aliurakoitsijan  
kesken. Itse työmaa-alue oli erittäin pieni, minkä vuoksi ulos ei tavaraa voitu välivaras-  
toida. Kaikki tavara tuli toimittaa heti niille varatuille paikoille kerroksiin. Työmaalla ei ollut  
olemassa omaa välivarastoa. Tilaajalla 2 oli viereisessä rakennuksessa oma varasto,  
jonne varastoitiin ainoastaan kiinteistön omia tavaroita, jotka olivat rakennustöiden  
vuoksi jouduttu väliaikaisesti irrottamaan, kuten takaisin laitettavia ovia, iv-päätelaitteita  
ja ikkunoita.

### 3.2.3 Kohteen keskeiset aliurakkasopimukset

Pilottityömaan 2 keskeisimmät aliurakkasopimukset valittiin tutkimukseen sen perustella,  
mitkä olivat kohteen tahdistavat työvaiheet. Kohteen keskeisimmät työvaiheet ovat hion-  
tatyöt, rakenteiden tiivistystyöt, kipsilevyväliseinä- ja alakattotyöt, tasoite- ja maalaustyöt,  
järjestelmäseinät, mattotyöt, sähkötyöt ja LVIA-työt. Näistä keskeisimmistä aliurakkaso-  
pimuksista on nostettu tässä luvussa esille tahtituotantoon ja siihen sitouttamiseen liitty-  
viä valmiista sopimus pohjasta poikkeavia kirjauksia.

Uusi tuotantomalli oli huomioitu tarjouspyynnön liitteenä olleessa aliurakkaohjelmassa,  
jossa kerrottiin, että kohteessa pilotoidaan Tilaajalle 2 nopean korjauksen konseptia ja  
että kohteessa tullaan käyttämään aikataulutuksen työkaluina mm. Last Planneria ja tah-  
tisuunnittelua. Lisäksi aliurakkaohjelmaan oli kirjattu, että urakoitsijan tulee sitoutua ja  
osallistua aktiivisesti aikataulutuksen menettelyihin (ml. vaadittava läsnäolo) sekä antamaan  
tilaajan pyytämät tiedot aikataulujen laatimista varten. Aliurakkaohjelmaan oli myös viety,  
että aliurakoitsijan tulee osallistua kaikkiin tilaajan vaatimiin kokouksiin. Tahtiaikataulu  
käsiteltiin aliurakoitsijoiden kanssa myös urakkaneuvotteluissa.



Urakkasopimukset oli tehty YIT:n omaan sopimuspohjaan, joka kattaa valmiiksi tietyt YSE 1998 mukaiset ja muut YIT Suomi Oy:n toimintatavan mukaiset kirjaukset, jotka sitten toistuvat kaikissa aliurakkasopimuksissa. Näissä työmaan kannalta keskeisimmissä aliurakoissa oli huomioitu kaupallisissa asiakirjoissa tahtiaikataulun käyttäminen työmaalla. Yhteneväisesti oli kirjattu urakkaneuvottelupöytäkirjaan sama maininta tahtituotannon käyttämisestä kuin Pilottityömaan 1 urakkaneuvottelupöytäkirjoissa ja sopimuksissa, joka meni seuraavasti:

”Töiden sujuvoittamiseksi työmaalla tullaan käyttämään tahtisuunnittelua, joka tarkoittaa, että urakoitsijan tulee noudattaa työssä ja logistiikassa paikka-aika-aikataulua sekä osallistua päivittäisjohtamiseen. Tavoitteena on toteuttaa koko hanke kokonaistaloudellisimmalla tavalla, jossa hukkaa poistetaan työvaiheista ja niiden välistä sekä jatkuvasti opitaan havaituista esteistä ja häiriöistä.

- Paikka-aika-aikataulu tarkoittaa, että urakoitsija tekee töitä sovitussa tahdissa sovitussa paikassa. Samoin suunnitellaan ja toteutetaan myös materiaalilogistiikka eli juuri oikea määrä oikeassa paikassa.
- Osallistua päivittäisjohtamiseen tarkoittaa, että urakoitsija on velvollinen raportoidaan päivittäin etenemisen, havaitut esteet töiden aloituksessa ja lopetuksessa sovitusta ajasta sekä työnaikaisista häiriöistä. Lisäksi urakoitsija on sitoutunut yhdessä pääurakoitsijan kanssa selvittää ko. esteiden ja häiriöiden juurisyyn sekä poistamaan ne välittömästi.”

Hionta-, rakenteiden tiivistys-, tasoite- ja maalaus- ja mattotöiden osalta edellä kirjattu kirjaus tahtituotannosta puuttui urakkaneuvottelupöytäkirjoista. Hionta- ja rakenteiden tiivistystyöt hankittiin ennen tahtiaikataulun valmistumista, mutta tieto tahtituotannon käyttämisestä kohteessa oli kuitenkin ollut. Hiontatöiden osalta sakolliset välitavoitteet olivat annettu yleisaikataulun pohjalta. Sakollisia välitavoitteita puolestaan ei oltu määritelty sopimuksessa rakenteiden tiivistystöiden osalta. Sopimukseen oli kuitenkin kirjattu töiden aloitus- ja lopetusajankohdat. Tasoite- ja maalaustöiden osalta varsinaiseen sopimukseen oli huomioitu ainoastaan töiden aloitus- ja lopetusajankohdat ja sakolliset välitavoitteet oli kirjattu vasta aloituskokouksen pöytäkirjaan. Sakolliset välitavoitteet olivat kerroskohtaiset valmistumiset. Mattotöiden osalta urakkaneuvotteluissa oli aliurakoitsijalle annettu tahtiaikataulu. Mattotöiden sopimukseen sakolliseksi välitavoitteeksi oli kirjattu kerroskohtaisesti aikataulun mukaan.

Kaikissa keskeisimmissä Pilottityömaan 2 aliurakkasopimuksissa oli viivästyssakko YSE 1998 18§ mukaan. Lisäksi kaikkien urakkaneuvottelumuistioihin oli kirjattu urakkaneuvotteluissa aliurakoitsijan määrittämät aliurakassaan käyttämät resurssit. Sopimukseen oli

määritetty päivämäärät sakollisille välitavoitteille. Sakollisena välitavoitteena käytettiin kerroskohtaista valmistumista. Ainoastaan sähkö- ja LVIA-urakkasopimukseen sakollisten välitavoitteiden osalta oli kirjattu, että kerros- ja lohko-kohtainen valmistuminen sovitaan yhteisesti tahtiaikatauluun ja toimintakoe valmius sovitaan yhteisesti tahtiaikatauluun.

Pilottityömaan 2 kohteen keskeisimpiin aliurakoiden sopimuksiin ei oltu liitetty tahtiaikataulua, koska se valmistui vasta heinäkuussa. Yleisaikataulu puolestaan oli ollut mukana hankintaprosessi esitettynä tarjouspyyntömateriaalien liitteenä.

## 4. TUTKIMUSTULOKSET

Tässä luvussa esitellään haastattelutulokset. Kappaleessa 4.1 esitellään haastattelujen suoritus. Kappaleen 4.1 jälkeen käsitellään haastattelutuloksia. Haastattelutulokset esitellään haastattelukysymysten teemojen mukaisesti. Ainoastaan kysymysten 4 ja 5 tulokset yhdistettiin. Tulokset kerättiin yhteen kummankin pilottityömaan toimihenkilöiden ja aliurakoitsijoiden haastattelujen osalta.

### 4.1 Haastattelujen suoritus

Tutkimuksessa haastateltiin Pilottityömaan 1 osalta kohteen tuotantoinsinööriä, vastaavaa työnjohtajaa, työpäällikköä, silloista työnjohtoharjoittelijaa ja yhtä kohteen aliurakoitsijan työnjohtajaa. Kohteen tuotantoinsinöörille ja työnjohtoharjoittelijalle työmaa oli ensimmäisiä rakennustyömaita silloisessa YIT Rakennus Oy:ssä. Vastaavalla työnjohtajalla ja työpäälliköllä oli vuosien kokemus rakennustyömaista. Kaikille haastateltaville kohde oli ensimmäinen tahtituotannolla valmistunut työmaa. Pilottityömaan 1 haastattelut pidettiin syyskuussa 2019 eli noin vuosi Pilottityömaan 1 valmistuttua.

Pilottityömaan 2 osalta haastateltiin kohteen työpäällikköä, vastaavaa työnjohtajaa, tuotantoinsinööriä, työnjohtajaa ja yhtä kohteen aliurakoitsijan työnjohtajaa. Työpäällikkö ja vastaava työnjohtaja olivat kokeneita ja heillä oli monien vuosien kokemus rakennustyömaista. Kohteen työnjohtajalla ja tuotantoinsinöörillä oli takana vasta muutama rakennustyömaa. Kaikille haastateltaville kohde oli ensimmäinen tahtituotannolla valmistunut työmaa. Pilottityömaan 2 haastattelut pidettiin marraskuun 2019 lopussa ennen kohteen valmistumista. Kohteen aliurakoitsijan työnjohtaja haastateltiin lokakuussa 2019.

Haastattelurunko luotiin tutkimuskysymysten, kirjallisuuskatsauksen ja käytössä olleen tutkimusaineiston pohjalta. Haastattelut suoritettiin puolistrukturoituna haastatteluna. Haastattelussa kysymykset olivat kaikille samoja. Haastattelut suoritettiin tämän diplomityön lopussa olevan Liite A mukaisten haastattelukysymysten avulla yksilöhaastatteluna kasvotusten haastateltavan kanssa sovittuna aikana joko YIT Suomi Oy:n Helsingin pääkonttorilla tai työmaan neuvotteluhuoneessa. Haastatteluja ei nauhoitettu. Haastattelujen jälkeen tämän diplomityöntekijä kirjoitti haastattelut puhtaaksi ja lähetti haastateltaville kommentoitavaksi. Haastattelut saatiin takaisin jokaiselta haastateltavalta joko kommentoituna tai hyväksyttynä sellaisinaan. Haastattelut kestivät n. 1,5-2 tuntia.

Haastatteluissa käsiteltiin tuotannonsuunnittelua, tahtituotannon huomioimista aliurakkasopimuksissa, tuotannonvalvontaa ja -ohjausta sekä siihen liittyviä työkaluja, tuotannon etenemistä suhteessa aikatauluun, hankkeen onnistumista ja kehitysideoita.

## 4.2 Tuotannonsuunnittelu

Haastattelut aloitettiin keskustelemalla pilottityömaan tuotannonsuunnittelusta ja siitä, ketkä osallistuivat tuotannonsuunnitteluun ennen kohteen alkamista. Pilottityömaan 1 urakkamuoto oli KVR ja laskutyö. Pilottityömaan 2 urakkamuoto oli projektinjohto. Tuotannon suunnitteluvaiheessa oli eroavaisuutta Pilottityömaan 1 ja Pilottityömaan 2 osalta niin ennakkosuunnitteluun käytetyssä ajassa ja kuin siinä, ketkä osallistuivat ennakkosuunnitteluun ja tahtisuunnitelman laatimiseen.

Pilottityömaan 1 osalta hanketta oli suunniteltu jo vuosi aiemmin YIT Rakennus Oy:ssä ennen todellisen remontin alkamista. Suunnittelun jatkamiselle ja remontin aloittamiselle saatiin lupa, kun tieto Lemminkäisen ja YIT:n yhdistymisestä tuli ja toiminnot päätettiin keskittää Helsingissä Panuntielle. Kohteen työpäällikkö teki Pilottityömaalle 1 ensin aikataulun jana-aikatauluna, jolloin kohde olisi kestänyt 10 kuukautta. Tuottavuusloikka-ohjelman vastuhenkilö tuli mukaan hankkeeseen helmi-maaliskuun vaiheessa vuonna 2018 ennen kohteen alkamista. Tuottavuusloikka-ohjelman vastuhenkilö teki tahtisuunnitelma kirjallisuuden pohjalta ja työpäällikkö kommentoi ja korjaili sitä urakoitsijan kommentit huomioiden. Urakoitsijoilta saatiin työsaavutustietoja niin sähköpostien kuin neuvottelujen avulla. Aikataulusta saatiin puristettua kuuteen kuukauteen. Pilottityömaan 1 korjaus toimi YIT:lle tahtituotantopilottina korjausrakentamisen osalta osana Tuottavuusloikka-ohjelmaa. Työmaan toimihenkilöt eivät osallistuneet tahtiaikataulun tekemiseen. Tahtiaikataulu oli valmiina, kun työmaan toimihenkilöt aloittivat Pilottityömaalla 1. Tahtiaikataulun vaunujen sisältöä ei oltu avattu tarkemmin. Tuottavuusloikka-ohjelmasta vastaava henkilö kävi työmaan alussa toimihenkilöiden kanssa tahtiaikataulun perusteellisesti läpi.

Pilottihankkeen 1 aliurakoitsijan työnjohtaja osallistui työmaan tahtisuunnittelun ennakkopalaveriin noin puolivuotta ennen aliurakoitsijan töiden aloittamista. Ennakkopalaverissa käytiin läpi aliurakoitsijan töiden osalta aikataulu tilaajan tahtiaikataulusuunnitelman laatijan ja kohteen työpäällikön kanssa ja tarkasteltiin sen toteutuskelpoisuus. Valmiit raamit aikataulukestolle oli jo annettu valmiiksi tilaajan puolelta. Tilaisuudessa aliurakoitsijan työnjohtaja vielä tarkasti miten paljon aikaa menisi ja lopullisesta työvaiheen kestosta neuvoteltiin yhdessä. Ennakkopalaveri pidettiin urakkaneuvottelujen yhteydessä.

Ennen työmaan alkamista Pilottityömaalla 1 järjestettiin *kick off* -tilaisuus tahtituotannosta, johon osallistuivat työmaan toimihenkilöt, aliurakoitsijoiden työnjohto ja nokkamiehet. Pilottihankkeen 1 haastatteluun osallistunut aliurakoitsijan työnjohtaja ei päässyt osallistumaan *kick off* -tilaisuuteen, mutta *kick off* -tilaisuudessa käydyt asiat käytiin läpi töiden aloituskokouksessa muiden käsiteltävien asioiden yhteydessä. Pilottikohteen 1 aliurakoitsijan työnjohtaja oli varannut kohteelle kaksi työntekijää, joista hän tiesi, että he tekisivät työn loppuun, vaikka väkisin tiukan paikan tullen. Myös kohteen tavarantoimitukset suunniteltiin hyvissä ajoin yhdessä työmaan kanssa.

Pilottityömaa 2 oli julkinen hankinta ja tarjous tehtiin Hilman kautta. Tarjousprosessi oli kaksivaiheinen, alustava tarjous ja lopullinen tarjous. Kyseessä oli Tilaajan 2 pilottihanke, jossa haettiin nopean korjauksen konseptia, jota Tilaaja 2 voisi hyödyntää jatkossa muissa korjauskohteissa. YIT Suomi Oy:llä haluttiin pilotoida lisää tahtituotantoa toimitilapuolella, johon kohde katsottiin sopivaksi. Oleellista on saada kokemusta tahtituotannosta sekä YIT:lle että Tilaajalle 2. Laskenta-organisaatio huolehti kohteen teknisestä laskennasta. Kohteen työpäällikkö laski Talo-80 -nimikkeistön nimikkeet 8-9 eli käyttö- ja yhteiskustannukset, teki toimihenkilöiden resurssisuunnitelman, alustavan aikataulun, jolle Tilaaja 2 oli antanut jo tietyt raamit, sekä tarjouksen liiteasiakirjat. Liiteasiakirjoihin kuuluvassa projektisuunnitelmassa oli mukana mallina YIT:n aiemmin tahtituotannolla tehty Pilottityömaan 1 tahtituotantosuunnitelma. Tarjouskilpailun aikana järjestettiin työpaja, johon osallistuivat kohteeseen nimetty vastaava työnjohtaja, hankintainsinööri, talotekniikka-asiantuntija ja tuotantoinsinööri. Työpajan jälkeen seurasi 3 viikon kehitysvaihe, jonka jälkeen annettiin lopullinen tarjous. Päätös urakan saamisesta tuli huhtikuun aikana.

Ennakkosuunnittelulle Pilottityömaalla 2 oli aikaa noin kuukausi, mikä koettiin hyvin lyhyeksi ajaksi, sillä työmaalle tuli käyttöön integraation myötä täysin uudet ohjelmat. Lisäksi kaikki olivat vielä osittain vanhoissa projekteissa kiinni, jolloin ei pystytty täysipainoisesti panostamaan alkavaan projektiin. Ennakkosuunnitteluvaiheessa käytiin tutustumassa purkutöiden alla olleeseen työmaahan, tehtiin kohteelle perussuunnitelmat, täydennettiin projektisuunnitelmaa ja sen liitteitä, hoidettiin lupa-asiat, tehtiin aikataulu ja tavoitearvio.

Pilottityömaan 2 alussa tuli myös muutoksia vastaavan työnjohtajan osalta. Hankkeeseen nimetty vastaava työnjohtaja jäi lomalle ja toisesta yksiköstä saatiin vastaava työnjohtaja lainaan kahdeksi kuukaudeksi, joista osan ajan hän hoiti omaa uutta alkavaa projektia. Päävastuu työmaan käynnistymisestä kentällä jäi pitkälti kohteen työnjohtajalle.

Aikataulusta vastannut tuotantoinisinööri teki Pilottityömaalle 2 aikataulun Tocoman Aikataulu -ohjelmalla vastaavan työnjohtajan kanssa ennen kuin hän jäi lomalle. Alkuperäinen tuotantosuunnitelma tehtiin hyvin tarkalle tasolle tuotantoinisinöörin ja vastaavan työnjohtajan kanssa jana-aikatauluna, johon oli jaettu erikseen lohkon ja kerrosten työt. Erityisesti lohkojakoa mietittiin tarkemmin tahtituotantoa ajatellen: kolme toimistolohkoa, märkätilat, taukotila ja hissiaulat omana lohkonaan. Tähän alkuperäiseen yleisaikatauluun nähden, johon tilaaja oli asettanut aikatauluraamit, huomioitiin resurssit. Myös työmäärät oli huomioitu. Aikatauluun talotekniikkatöiden osalta kysyttiin apua konsernin talotekniikkakoordinaattoreilta.

Tahtiaikataulu tehtiin lainassa olleen toisen yksikön vastaavan työnjohtajan kanssa touko-kesäkuussa 2019 pidettyjen lean- ja tahtituotantokoulutusten pohjalta. Tahtiaikataulun tekemisessä ei menty niin pitkälle, että oltaisiin mietitty tiettyjä työvaihteita omiksi työpaketeiksi eli vaunuiksi. Käytännössä kohteen alussa tehty jana-aikataulu käännettiin tahtiaikataulun esitysmuotoon. Perusajatuksena oli, että yksi aliurakoitsija kerrallaan yhdellä lohkolla. Tällä pyrittiin takaamaan oma työrauha lohkolla. Tahtiaikataulun ensimmäinen versio hyväksyttiin tilaajaorganisaatiolla. Tilaajalle esiteltävä tahtisuunnitelma saatiin valmiiksi heinäkuun alussa. Tällöin se oli keskeisimpien urakoitsijoiden kanssa yhteensovitettu.

Hankintainsinöörit tekivät Pilottityömaan 2 hankintasuunnitelman. Hankinnat aloitettiin toukokuussa 2019. Pilottityömaan 2 haastatteluun osallistunut aliurakoitsijan työnjohtaja suunnitteli kohteen työt, kuten muillekin korjausrakentamisen työmaille tarjouspyynnön perusteella. Tahtituotannon käyttämistä työmaalla käytiin läpi urakkaneuvotteluvaiheessa. Urakkaneuvotteluissa Pilottityömaan 2 aliurakoitsijan työnjohtaja oli suunnitellut työmaalle 4-5 työntekijää. Koska kyseessä oli uudenlainen tuotantomalli, hän mietti tarkemmin kuin yleensä, ketä hänen omista miehistään hän laittaa työmaalle. Työntekijöiden tuli olla sellaisia, jotka saavat paljon aikaan, kun on mestaa vapaana. Aloituskokouksen yhteydessä työt suunniteltiin vielä tarkemmin aikataulusta vastaavan tuotantoinisinöörin ja työmaan vastaavan työnjohtajan kanssa sekä käytiin läpi tarkemmin työhön tarvittava aika.

### **4.3 Tahtituotannon huomioiminen aliurakkasopimuksissa**

Haastattelun toisessa vaiheessa tutkittiin, kuinka uusi tuotantomalli oli huomioitu aliurakkasopimuksissa. Tutkimusaineiston perusteella keskeisimmissä aliurasopimuksissa oli huomioitu kummankin pilottityömaan osalta sama kirjaus tahtituotannon käyttämisestä ja mitä se tarkoittaa aliurakoitsijalle.

Tutkimusaineiston ja haastattelujen perusteella nousi esille, että Pilottityömaan 1 osalta tarjouspyyntöasiakirjoissa tahtituotannon käytöstä työmaalla ei oltu mainittu. Aliurakka-neuvotteluissa tahtituotannon ja sen käyttäminen Pilottityömaalla 1 käytiin läpi aliurakoitsijoiden kanssa. Lisäksi Pilottityömaan 1 osalta pääosa hankinnoista tehtiin ennen töiden aloittamista ja hankinnat tehtiin pääosin neuvottelumenetelmällä eli kutsuttiin urakkaneuvotteluun ne aliurakoitsijat, joista oli hyvät kokemukset. Varsinaista kilpailutusta ei käyty kuin vain muutaman urakan osalta. Pilottityömaan 1 osalta haastatteluun osallistunut aliurakoitsijan työnjohtaja oli sitä mieltä, että sillä ei olisi ollut merkitystä, vaikka tieto tahtituotannosta olisi saatu jo tarjousvaiheessa. Sopimuksen osalta haastateltava aliurakoitsijan työnjohtaja ei näe tarvetta uuden tuotantomallin aiheuttavan lisäkirjauksia vanhaan sopimusmalliin nähden. Tärkeämpänä hän näki, että aloitusedellytykset pitää olla kunnossa pääurakoitsijan osalta ja ajoissa sovittuna tarkat töiden aloitus- ja lopetusajankohdat sekä tavarantoimituskäytäntö.

Tutkimusaineiston ja haastattelujen perusteella nousi esille, että Pilottityömaan 2 osalta tarjouspyyntöasiakirjoissa tahtituotannon käytöstä työmaalla oli mainittu aliurakkaohjelmassa, joka oli tarjouspyynnön liitteenä. Pilottityömaan 2 hankinnat kilpailutettiin ja hankintojen vertailut esitettiin Tilaajalle 2 hyväksyttäväksi. Tilaaja 2 antoi päätöksen jokaisesta hankinnasta. Pilottityömaan hankinnat aloitettiin toukokuussa 2019 ja jatkuvat noin hankkeen puoleen väliin asti.

Tahtituotanto Pilottityömaalla 2 käytiin läpi tarkemmin aliurakoitsijoiden kanssa aliurakkaneuvotteluissa. Lisäksi aliurakkaneuvotteluissa tuotiin esille, että aliurakoitsijoiden tulee osallistua suunnittelemaan tahtituotantoa yhdessä pääurakoitsijan kanssa, jotta työajat saataisiin sellaisiksi, että aliurakoitsija voi niihin sitoutua. Aliurakkaneuvotteluissa aliurakoitsijoilta saatiin lisää resurssitietoa tahtisuunnitteluun. Valituille aliurakoitsijoille annettiin mahdollisuus tutustua tahtiaikatauluun ja antaa sen pohjalta kommentteja, joiden mukaan tehtiin tahtiaikatauluun muokkauksia. Muokkaukset koskivat työjärjestyksiä ja joidenkin työaikojen pidennyksiä. Aliurakkasopimuksissa ei käytetty mitään kannustimia. Aliurakoitsija veloitettiin sitoutumaan tahtisuunnitteluun.

Pilottityömaan 2 haastatteluun osallistunut aliurakoitsijan työnjohtaja varautui aliurakkasopimukseen varmistamalla kohteen sakolliset välitavoitteet. Hän näki, että kerroskohtainen sakollinen välitavoite on realistinen. Lisäksi maksuerätaulukolla hän varautui uuteen tuotantomalliin nojaten. Haastateltavan aliurakoitsijan työnjohtaja laati projektinjohtourakoitsijalle esitettäväksi maksuerätaulukon lohkoکوhtaisen etenemisen mukaan, vaikka sakolliset välitavoitteet tässä urakassa olivat kerroskohtaiset. Maksuerätaulukko oli haastateltavan mielestä helpompi jakaa lohkoille ja työvaiheille ja se oli paremmin tahtituotantoon sitoutettavissa.

#### 4.4 Tuotannonvalvonta ja -ohjaus toteutuksen aikana

Haastattelun kolmannessa vaiheessa tutkittiin, kuinka tuotantoa valvottiin ja ohjattiin toteutuksen aikana, millaisia työkaluja käytettiin ja ketkä siihen osallistuivat. Kummankin pilottityömaan osalta tuotannonvalvontaan ja -ohjaukseen osallistuivat vastaava työnjohtaja, työnjohtaja ja tuotantoinsinööri yhdessä aliurakoitsijoiden työnjohtajien kanssa.

Pilottityömaan 1 osalta aikataulu seurattiin ja raportoitiin Tilaaajalle 1 Planet+ -aikatauluohjelmalla seurantaviivan avulla. Tahtiaikataulusta oli kaikille nähtävillä viikkotason tahtiaikataulu, ei ollenkaan päivätason tahtiaikataulua. Tahtiaikataulusta oli tulostettuna työmaatoimistoon iso lakana sekä A3-kokoisena sosiaalilojen seinille ja työmaan sisäänkäynnille, josta kaikki pääsivät näkemään aikataulun. Pilottityömaan 1 toimihenkilöiden haastattelujen perusteella aliurakoitsijan työnjohtajat ja työntekijät alkoivat paremmin seuraamaan työn etenemistä, kun aikataulu oli visuaalisesti helposti luettavissa ja nähtävillä kaikille. Aikataulu saikin paljon kiitosta visuaalisuutensa vuoksi.

Pilottityömaalla 1 tahtiaikataulun etenemistä seurattiin myös urakoitsijakokouksissa. Myös tahtiaikataululla sekä Last Plannerilla seurattiin tuotantoa. Last Plannerilla tehtiin päivätason suunnittelua, erityisesti talotekniikan osalta, jossa pääurakoitsija oli myös osallisena. Lisäksi pääurakoitsijan työnjohtaja käytti Last Plannerilla. Suunnittelulle ja tuotannolle oli oma esteloki, johon esteitä kirjattiin. Estelokin käyttö ei ollut toivotulla tasolla. Työmaan pääurakoitsijan toimihenkilöiden kesken käytiin omia keskusteluja tuotannon etenemisestä ja mahdollisista esteistä omien viikkopalavereiden lisäksi.

Pilottityömaan 1 pääurakoitsija oli aliurakoitsijoille alusta asti painottanut omista tahtialueista, ja jos toinen työryhmä jäi jälkeen omasta tahdistaa, he olivat väistövelvollisia ja he joutuivat tekemään työt silloin, kun se ei häirinnyt alueelle varatuttua työryhmää. Tämä takasi sen, että työryhmä sai oman työskentelyrauhan ja he sitoutuivat paremmin, kun heillä oli alueellaan selkeä töiden aloitus- ja lopetusajankohta.

Pilottityömaan 1 haastateltavan aliurakoitsijan työnjohtaja kävi työmaalla suurin piirtein, joka toinen päivä ja oli työntekijän kanssa yhteydessä päivittäin puhelimitse. Pääurakoitsijan kanssa hän kävi keskustelua niin paikan päällä, sähköpostitse kuin puhelimitse. Käynneillä lähinnä tarkasteltiin työn etenemistä. Pääurakoitsijan oma työnjohto oli tietenkin aliurakoitsijan työntekijän kanssa myös päivittäin tekemisissä. Aliurakoitsijan työnjohtaja osallistui urakoitsijakokouksiin vain tarvittaessa. Aliurakoitsijan työaika työmaalla oli kuitenkin lyhyt ja hän oli osan ajasta lomalla, joten kokouksiin osallistuminen oli vähäistä.

Pilottityömaan 2 töiden etenemistä seurattiin aluksi yleisaikataulun pohjalta Tocoman Aikataulu -ohjelmalla. Jossain vaiheessa hanketta tuotantoinsinööri ja työnjohtaja aloittivat



seuraamaan tahtiaikataulua pelkästään päivätasolle tehdyn tahtiaikataulun avulla. Tahtiaikataulua seurattiin vinjetinä urakoitsijakokouksissa työmaatoimiston seinälle tulostetun tahtiaikataulun avulla. Lisäksi tuotantoinsinööri teki aikataulunseurantaa vinjetinä kerran viikossa omaan Exceliin työnjohtajan kanssa, joka oli myös työmaakokousten liitteenä. Työnjohtaja valvoi myös, että töiden aloituspäivät pysyivät aloituskokouksessa sovittuina ja tahtiaikataulun mukaisina. Päivätasoinen tahtiaikataulu koettiin helpottavan työmaan päivittäisjohtamista ja sillä koettiin olevan helpompi käsitellä asioita myös työntekijöiden kanssa. Pilottityömaan 2 toimihenkilöillä oli kerran viikossa oma työnjohdonviikkopalaveri, jossa suunniteltiin seuraavan viikon työt ja käytiin läpi aikataulutilannetta. Lisäksi työtä ohjattiin ja valvottiin viikoittain urakoitsijakokouksia aliurakoitsija kohtaisesti. Aliurakoitsijoiden kanssa, jotka jäivät tahtiaikataulusta jälkeen, pidettiin kerran viikossa erillisiä aikataulupalavereita, joissa aikataulun seuranta oli tarkempaa sekä mietittiin yhdessä aikataulun kuromiseen helpottavia ratkaisuja.

Tuotannonohjaukseen ja -valvontaan osallistuivat Pilottityömaalla 2 myös valvojat ja suunnittelijat, esimerkiksi mallikatselmuksien ja suunnittelujen täydentämisen osalta. Lisäksi tuotantoa seurattiin yleisesti laadun ja turvallisuuden osalta Congrid-ohjelmalla. Myös 3D-mallia käytettiin apuna töiden yhteensovittamisessa ja aikataulun luonnissa. Mestän vastaanotto ja itselleluovutukset olivat myös tärkeässä roolissa.

Pilottityömaan 2 osalta korostettiin tehtäväsuunnitelmien tärkeyttä päivittäisjohtamisessa. Urakkaneuvotteluissa työnjohtaja esitteli aliurakoitsijoille tehtäväsuunnitelmia. Hankinta niitä ei käyttänyt apuna.

Nokkamiespalavereita yritettiin ottaa käytäntöön huonoin tuloksin Pilottityömaalla 2. Nokkamiesten sitouttaminen oli vaikeaa ja tahdin ulkopuolella oleva K1-kerros vei kaikki resurssit tahtialueelta. Nokkamiespalaverista luovuttiin.

Pilottityömaan 2 haastatteluun osallistunut aliurakoitsijan työnjohtaja kävi työmaalla 2-3 kertaa viikossa. Tarvittaessa hän oli yhteydessä työntekijöihin myös puhelimitse. Työmaalla hänellä oli nokkamies, jonka kautta tarvittavat materiaalitilaukset tulivat suoraan hänelle. Aliurakoitsijan työnjohtaja koki, että pääurakoitsijalla oli paljon hyviä tuotannonohjaukseen ja -valvontaan liittyviä työkaluja. Työmaalla aloitetut nokkamiespalaverit hän näki hyvänä asiana. Se loisi enemmän yhteistyötä muiden urakoitsijoiden kanssa. Samoin muiden urakoitsijoiden nokkamiehet tulisivat tutummiksi ja kommunikointi helpotuisi ja yhteistyö kehittyisi. Työmaalle tuotu esteloki vaikuttaa haastateltavasta aliurakoitsijan työnjohtajasta hyvältä idealta, mutta todellisuudessa mahdolliset esteen käydään heti työnjohtajan kanssa läpi. Tahtiaikataulun esitys ja seuranta vinjetinä oli hänestä

hyvä ja selkeä tapa seurata tahtituotantoa. Hän koki, että siitä näki helposti mitä tapahtuu missäkin kerroksessa ja milläkin loholla ja mitä pitäisi olla jo tehtynä.

Logistiikan toimivuus oli myös suunniteltu hyvin kummallekin pilottityömaalle. Pilottityömailla oli määritelty tietyt viikonpäivät tavarantoimitusta ja haalausta varten. Toimitettavat kuormat tuli ilmoittaa viikkoa ennen ja samoin oli ilmoitettava mitä tavaraa toimitetaan. Kummassakin kohteissa oli erillinen logistiikkaurakoitsija, joka toimitettavan tavarantoimituksen pohjalta varasi resurssit. Kummankin kohteen pääurakoitsijat osallistuivat logistiikan hallintaan yhdessä logistiikkaurakoitsijan kanssa. Viikon toimitettavat tavarat haalattiin mestakartan mukaisille paikoille, jolloin aliurakoitsijoiden oli mietittävä mihin he tavarat tarvitsivat ja pääurakoitsija ohjasi ja valvoi, että tavarat voitaisiin siihen toimittaa ilman, että ne olisivat jonkun muun aliurakoitsijan tiellä. Vaikka logistiikkaan oli panostettu Pilottityömaalla 2, silti aliurakoitsijat toimittivat liikaa materiaalia lohkolle. Erityisesti talotekniikan osalta se oli jopa haitallista, sillä materiaali on suurta ja vie huomattavan tilan kerroksissa.

#### **4.5 Tuotannon eteneminen ja aikataulumuutokset**

Haastattelun neljännessä vaiheessa tutkittiin tuotannon etenemistä suhteessa tahtiaikatauluun sekä mahdollisia poikkeamia ja niiden syitä ja kuinka poikkeamiin reagoitiin. Tähän kohtaan yhdistettiin myös haastattelujen viiden vaihe, jossa tutkittiin sitä, että muutettiin aikataulua työmaan aikana.

Pilottityömaan 1 osalta tahtiaikataulu eteni lähes suunnitellusti ja onnistui hyvin verrattuna muihin tavantomaisiin hankkeisiin nähden. Ainoastaan talotekniikka ei pysynyt aikataulussa, mikä johtui käyttäjien tuomista layout-muutoksista, muista lisätoista sekä resurssien liian pienestä mitoituksista. Käyttäjät saivat päättää oman kerroksensa layoutista, jotka saatiin vasta viikon 20-21 aikaan. Työt alkoivat kuitenkin kohteessa purkutöillä jo viikolla 14. Tämä aiheutti talotekniikan osalta uudelleen suunnittelua. Erityisesti putkitöiden ja IV-töiden osalta tuli merkittäviä muutoksia. Perusratkaisu ja runkolinjat tehtiin kuitenkin alkuperäisten suunnitelmien mukaan. Myöskin yllätyksiä tuli talotekniikan osalta enemmän esille mm. vanhojen sähköjen ja iv-koneiden osalta. Näihin oltiin voitu syventyä haastattelujen perusteella tarkemmin jo suunnitteluvaiheessa.

Pilottityömaalla 1 lisä- ja muutostöitä ilmeni kohteessa paljon, mutta ne saatiin ujutettua tahtiin melko hyvin. Ne kuitenkin sotkivat jo suunniteltuja töitä. Talotekniikan lisätöitä tehtiin samoilla resursseilla, mikä vaikutti tahtiaikataulussa pysymiseen. Tahtiaikataulussa valkoiset ruudut olivat riskivaroja, jotka tuli käytettyä, varsinkin talotekniikan osalta. Myöskin ilta- ja viikonlopputöitä jouduttiin tekemään jonkin verran, että tahdissa pysyttiin.

Jos aliurakoitsija ei tahdissa pysynyt niin seuraavat työvaiheet alkoivat silti ja jäljessä olevien oli väistettävä alkavien työvaiheiden aliurakoitsijoita. Työt saatiin toteutettua tahtiaikataulun aikana, mutta muuttamaan rakennukseen päästiin myöhemmin mm. kalusteista ja tekstiilimatoista johtuneen korkean VOC-pitoisuuden vuoksi. Rakennuksen piti saada tuulettua melkein kuukauden verran.

Pilottityömaan 1 haastatteluun osallistunut aliurakoitsijan työnjohtaja oli varannut työmaalle kaksi työntekijää, mutta kohde eteni hyvin yhden työntekijän voimin. Toista työntekijää ei siis tarvittu, vaikka näin oli alun perin suunniteltu. Aliurakoitsijan osalta työt valmistuivat noin viikon aiemmin kuin tahtisuunnitelmaan oli suunniteltu. Jos olisi ollut kaksi työntekijää, työt olisivat heidän osaltaan valmistuneet varmasti aiemminkin. Työntekijälle oli hyvin valmista mestaa, mikä nopeutti työn etenemistä. Kohteen työntekijä pääsikin erinomaiseen työsuoritukseen ja hyvään tiliin, sillä mestaa oli vapaana ja työ tehtiin urakkana. Jossain vaiheessa töitä oli uhkana, että talotekniikka-asennukset eivät valmistu ajallaan. Silloin sovittiin yhteisesti, että mentiin muualle töihin. Tästä ei ollut aliurakoitsijalle mitään haittaa. Kyseessä oli vain yksittäisiä päiviä.

Pilottityömaan 1 tahtiaikataulua ei päivitetty työmaan aikana vaan aikataulua käytettiin sellaisenaan työmaan loppuun asti, vaikka lieviä poikkeamia esiintyikin.

Pilottityömaalla 2 tuli isoja aikataulumuutoksia. Töitä ei päästy aloittamaan sopimuksen mukaan, sillä Tilaajan 2 teettämät purkutyöt olivat myöhässä, jonka vuoksi kohde saatiin otettua vastaan noin kuukausi myöhemmin sovitusta. Projektinjohtourakoitsijan sopimuksen jälkeen Tilaaja 2 oli vaihtanut rakennesuunnittelijan, joka toi hankkeeseen kokonaan uudet suunnitelmat rakenteellisten tiivistysten osalta. Tiivistyssuunnitelmat olivat muuttuneet laajuudeltaan ja toteutustavaltaan merkittävästi, mikä vaikutti aikatauluun. Vaikka suunnitelmat olivat muutoin melko valmiit, niissä oli suuria puutteita. Tämä aiheutti myös ongelmia, sillä päivitettyjä suunnitelmia ei saatu ajoissa työmaan käyttöön.

Pilottityömaalla 2 aikataulupoikkeamiin reagoitiin niin kuin projektijohtourakassa kuuluu, eli heti ongelmien tultua esiin. Poikkeamiin yritettiin kehittää keinoja ja helpottaa projektinjohtourakoitsijana myös aliurakoitsijan töitä, jos vain oli mahdollista, että työt pysyisivät aikataulussa. Keinoina oli esimerkiksi se, että muiden aliurakoitsijoiden annettiin mennä tekemään töitä aiemmin tai annettiin muiden aliurakoitsijoiden silti edetä alkupe räisen tahtiaikataulun mukaisesti tai keskusteltiin aliurakoitsijoiden resurssien lisäämisestä.

Lomakauden päätyttyä sovittiin Tilaajan 2 kanssa aikataulumuutokset sopimukseen sekä välitavoitteiden että valmistumisen osalta. Ennen kuin saatiin lisää aikaa, pyrittiin

saamaan mahdollisimman paljon resursseja, tehtiin pitkiä päiviä ja viikonloppuja. Lisäajan saannin jälkeen tahtiaikataulu päivitettiin. Pidentettyjä päivä ja viikonloppuja tehtiin silti kohteen loppuun asti. Lisäajan saatua ja muuttuneiden luovutusajankohtien jälkeen riskivaruksena pidettiin pidemmän päivän ja viikonloppujen lisäksi urakoitsijoille kiireämpi luovutusaikataulu. 7. kerroksen osalta luovutus oli viikon aiemmin, 3. kerroksen osalta kaksi viikkoa aiemmin ja 2. kerros viikon aiemmin. Lisäksi oli tiedossa riskinä ke-sääaikana tehtävä tahtiaikataulun ulkopuolella oleva K1-kerros. Tämä osoittautui vielä suuremmaksi riskiksi, kun suunnitelmissa ilmeni paljon suunnitelmapuutteista, josta seurasi paljon lisä- ja muutostöitä. Tämä lisäsi ongelmia töiden käynnistämisestä ja vei resursseja tahditetuista toimistokerroksista. Alun perin tahtiaikataulu toimistokerroksiin ja K1-kerroksen aikataulu oli tehty ristiin niin, ettei aliurakoitsijoiden resurssit ole yhtä aikaa kummassakin kerroksessa. Suunnitelmapuutteista aiheutuvat viiveet pakottivat siihen, että aliurakoitsijoiden resurssit suunnattiin K1-kerrokseen ja tahdistetut toimistokerroksen kärsivät aikatauluviiveestä. Erityisesti LVI-urakoitsija jäi toimistokerrosten osalta tahtiaikataulusta jälkeen. LVI-urakoitsija ryhtyi toimenpiteisiin ja aikataulua heidän osaltaan seurattiin kerran viikossa erillisellä aikataulupalaverilla.

Aikataulua päivitettiin toisen kerran Pilottityömaalla 2, kun maalausurakoitsija alkoi jäämään tahtiaikataulusta jälkeen osasyynä K1-kerros ja lisääntynyt työmäärä rakenteiden tiivistyksestä johtuen ulkoseinäalueilla. Aikataulupoikkeamaan reagoitiin yhteensovittamalla ja vaihtamalla työjärjestyksiä. Poikkeamaan reagoitiin nopeasti ja yhdessä maalausurakoitsijan kanssa yritettiin löytää keinoja, joilla poikkeama saadaan korjattua. Keinoina poikkeamiin oli mm., että edeltä tehtiin töitä pois mahdollisimman paljon, jotta maalarilla olisi vain urakkatöitä ja siihen valmista mestaa.

Aikataulua päivitettiin vielä kolmannen kerran, kun tekstiilimattotoimitus viivästyi. Työvaiheita muutettiin jälleen yhdessä muiden aliurakoitsijoiden kanssa ja jouduttiin menemään siihen, että samalla lohkolle oli menossa monta työvaiheita yhtä aikaa.

Lisäksi aikataulun työjärjestyksiä lohkolle toiselle muutettiin sovitusti yhdessä urakoitsijoiden kanssa työaikojen kuitenkin pysyessä samana, mutta uutta neljättä tahtiaikataulua näistä ei enää ole luotu.

Poikkeamia tahtiaikatauluun Pilottityömaalla 2 tuli myös lisä- ja muutostöiden kautta. Nämä pyrittiin poistamaan tahdistamalla ja hankkimaan niille omat resurssit tai työt jouduttiin tekemään jälkitöinä. Ensimmäinen tahtiaikataulu Pilottityömaalla 2 toimihenkilöiden haastattelujen perusteella oli visuaalisesti hyvä ja selkeä sekä helppo seurata. Uusimmissa versioissa työjärjestysten vaihtojen myötä visuaalinen ilme, sekä urakoitsijakohdainen seurattavuus kärsi.

Pilottityömaan 2 haastatteluun osallistunut aliurakoitsijan työnjohtaja oli varannut työmaalle 4-5 työntekijää, mutta tahtiaikataulusta jäätin jälkeen. Projektinjohtourakoitsijan kanssa pidettiin aikataulupalaveri, jossa yhdessä mietittiin ratkaisuja aikatauluviiveen kumomiseksi. Resursseja nostettiin 6-8 työntekijään. Uuteen tahtiaikatauluun varattiin aliurakoitsijalle myös enemmän aikaa per kerros. Resurssien lisääminen auttoi aikataulu-poikkeaman kiinnisaamisessa ja viimeisen kerroksen osalta urakka valmistui kaksi viikkoa aiemmin.

## 4.6 Hankkeen onnistuminen ja haasteet

Haastattelun kuudennessa vaiheessa tutkittiin, miten hanke onnistui suhteessa tavanomaisiin hankkeisiin ja mitä haasteita esiintyi. Kummatkin pilottityömaat ja pilottityömailta haastateltujen aliurakoitsijoiden mielestä työmaat onnistuivat hyvin. Tässä kappaleessa on vielä käyty tarkemmin haastattelussa esiin nousseita mietteitä.

Pilottityömaa 1 onnistui hyvin haastattelujen perusteella. Uusi tuotantomalli koettiin helpommaksi erityisesti sen visuaalisemman esitystavan ansiosta. Haasteena koettiin se, että tahtituotanto on vielä uutta kaikille. Aina on muutosvastarintaa, yleensä mietitään syitä, miksei uutta tuotantomallia ei voisi ottaa käyttöön, kun pitäisi miettiä mitä hyötyä siitä on. Lisäksi haasteena koettiin käyttäjämuutokset. Myös aliurakoitsijoiden työnjohdon osallistuminen olisi saanut olla aktiivisempaa ja sitoutuminen olisi saanut ollut parempaa. Pääurakoitsijan pieni organisaatio helpotti ongelmien ja esiin tulleiden asioiden jokapäiväistä läpikäyntiä.

Myöskin Pilottityömaan 1 osalta haastatellun aliurakoitsijan työnjohtajan mielestä hanke onnistui hyvin verrattuna tavanomaisiin hankkeisiin. Haastateltava oli havainnut, että kohteessa oli paljon parempi yhdessä tekemisen meininki kuin mihin hän oli normaalisti tottunut. Tämä osittain joutui varmasti myös siitä, että työmaa eteni hyvin ja suunnitellusti. Aliurakoitsijan työt ajoittuivat loma-ajalle, mikä aiheutti haastetta. Oli varmistettava, että oikeat henkilöt saatiin pysymään aikataulussa, samoin materiaalitoimitukset heidän varastoltaan työmaalle. Myöskin työntekijän loma-ajankohta tuli sopia toisaalle. Haastateltava oli itse lomalla osan ajasta, mikä myös toi lisähaastetta töiden delegoimiseksi muille henkilöille. Heidän omalla varastollaankin oli kesäaikana myös lomat käynnissä ja varaston omaan kalenteriin tulikin varata nämä materiaalitoimitukset työmaalle jo kuu-kautta aiemmin. Haastateltava olikin tehnyt varastolle kirjallisen suunnitelman tavaran-toimituksesta työmaalle. Materiaalitoimituksen osalta oli se hyvä puoli, että työt oli sovittu pääurakoitsijan kanssa ajoissa, niin materiaalit oltiin ehditty tilata ennen Euroopan elo-kuun loma-aikaa. Aliurakoitsija varastoi materiaalin omaan varastoonsa, mikä oli sinänsä logistinen haaste, sillä toimitettavaa materiaalia oli paljon. Toimitukset olisi voinut pilkkoa

useampaan erään, mutta silloin olisivat myös rahtikustannukset nousseet. Materiaalitoimitukset toimitettiin sovitusti työmaalle kerran viikossa kerroksen materiaalit kerrallaan.

Pilottityömaan 2 osalta hanke ei ollut vielä valmistunut haastatteluhetkellä, mutta nähtiin, että hanke onnistui hyvin, ottaen huomioon, että kyseessä on pilottihanke niin Tilaajalle 2 kuin projektinjohtourakoitsijalle. Tahtituotannolla nähtiin lisäarvon hankkeelle, mutta ei sitä, että sillä olisi ollut hyötyä hankkeen nopeampaan valmistumiseen. Hankkeelle Tilaaja 2 kuitenkin oli jo määrittänyt hyvin kireän aikataulun valmiiksi ja siihen luotu alkuperäinen yleisaikataulu oli todella tarkka. Haastatteluissa myös kyseenalaistettiin tavanomainen hanke, sillä korjausrakentamisessa on harvoin tavanomaisia hankkeita. Aliurakoitsijat olivat tyytyväisiä tahtiaikataulun esitystapaan ja se oli myös selkeä työntekijöille.

Pilottityömaalla 2 tavanomaisia ongelmia oli myöhäiset hankinnat, suunnitelma puutteet, vaikka suunnitelmat olivat melko valmiit, sekä se, että talo oli käyttäjien käytössä, mikä ajoi pidennettyihin päiviin ja viikonloppuun. Myöskin se, että tehdään kesällä ns. pikku töitä (K1-kerros), joka aiheuttaa työntekijöiden hyppimistä mestojen välillä. Epätavallisena ongelmana pidettiin vastaavan työnjohtajan vaihtumista hankkeen aikana. Haasteena alusta asti oli resurssien puuttuminen niin pääurakoitsijan työnjohdossa kuin aliurakoitsijoillakin työntekijöiden ja työnjohdon osalta. Lisäksi haasteena oli myös se, että oma organisaatio oli kuitenkin vielä kokematon ja kaikilla paitsi, vastaavalla työnjohtajalla ja työpäälliköllä, oli takana vasta muutaman työmaan kokemus. Haasteena koettiin myös aliurakoitsijoiden sitouttaminen tahtituotannonsuunnitteluun.

Pilottityömaan 2 haastateltavan aliurakoitsijan työnjohtajan osalta urakoitsijan työt olivat pääosin tehty haastattelutilanteessa. Hän uskalsi haastattelutilanteessa sanoa, että tähän mennessä hanke oli mennyt hyvin ja hän oli tyytyväinen tahtituotantoon. Haasteena hän näki vielä jälkitöiden tekemisen ja kuinka ylimääräinen työ muutetaan euroiksi ilman erimielisyyksiä pääurakoitsijan kanssa. Haasteena haastateltava näki myös alkuun sen, että oli hankalaa saada työntekijät pysymään omalla loholla ja jättää jälkityöt myöhemmäksi. Lohkojako kuitenkin selkeni ja auttoi heidänkin ajattelua töiden viikoittaisessa suunnittelussa. Ajatus toteuttaa työmaa tällä uudella tuotantomallilla kiinnosti paljon haastateltavan aliurakoitsijan työnjohtajaa, sillä omat resurssit olisivat mahdollisuus saada nopeammin käyttöön seuraavalle työmaalle.

## 4.7 Tahtisuunnittelun, tuotannonvalvonnan ja -johtamisen kehittäminen

Haastattelun seitsemännessä vaiheessa haastateltavat miettivät miten tahtisuunnittelua, tuotannonvalvontaa ja -johtamista tulisi kehittää. Haastatteluissa keskusteltiin tässä kohtaan myös tahtituotannon soveltumisesta korjausrakentamiseen. Haastatteluissa nousi esiin yhtäläisiä tuloksia kummankin pilottihankkeen osalta. Tämän vuoksi haastattelututkimuksen tuloksia esitellään kehittämisalueittain. Haastatteluissa esiin nousseet kehittämisalueet olivat tahtituotannon soveltuminen korjausrakentamiseen, suunnittelu, ennakosuunnittelu, aliurakkasopimusvaihe ja aliurakoitsijoiden motivointi, tahtisuunnitelma, päivittäisohjaus, nokkamiespalaverit ja koulutukset. Tässä kappaleessa tuloksia ei ole eritelty erikseen pilottityömaakohtaisesti kuten edellisissä kappaleissa.

### Tahtituotannon soveltuminen korjausrakentamiseen

Korjausrakentamiseen tahtituotanto katsottiin haastatteluissa sopivan hyvin, jos kohteessa olisi paljon toistoa, kuten hotellihankkeet ja linjasaneeraukset. Silloin tilakohtainen ajattelu olisi luontevampaa. Suunnitelmien tulisi olla valmiit tai melko pitkällä, jotta tahtisuunnittelusta saadaan paras mahdollinen. Mahdollisesti myös, jos suunnittelunohjaus olisi pääurakoitsijalla, suunnitelmien valmiuteen pystyttäisiin ehkä eri lailla panostamaan. Lisäksi suunnittelijoiden tulisi panostaa enemmän ennakkoselvityksiin ja yhteensovittamiseen, jotta yllätyksiltä välttyttäisiin. Pieniä muutoksia kyllä pystyttäisiin tekemään vaunujen sisällä, mutta suuremmat muutokset tulisi jättää tahdin ulkopuolelle erillisellä työryhmällä, ettei tahti vaarantuisi, mikäli se olisi mahdollista. Erityisesti projektinjohtourakkamuodoissa lähtökohtaisesti suunnitelmat ovat keskeneräisiä ja niitä kehitetään yhdessä, mikä ei ole paras mahdollinen tahtituotannolle. Korjausrakennushankkeissa tulee paljon yllätyksiä ja potentiaaliset ongelmat pitäisi saada kartoitettu mahdollisimman hyvin ennen kohteen aloittamista. Tahtituotanto vaatii myös aktiivisuutta ja sitoutumista tahtituotantoon niin tilaajan ja tilaajan organisaation osalta korjausrakentamishankkeissa.

### Suunnittelu

Suunnittelua ja sen valmiutta tahtituotannossa ja erityisesti korjausrakentamisessa käsiteltiin edellisessä Tahtituotannon soveltuminen korjausrakentamiseen -kohdassa. Haastatteluissa nousi vielä esiin kehitysideana, että suunnittelu sitoutettaisiin työmaan tahtiaikatauluun. Tämä vaatisi suunnittelijoille oman tahtiaikataulun, joka olisi yhteydessä

työmaan tahtiaikatauluun. Lisäksi haastatteluissa nousi esille, että suunnitelmamuutokset vaatisivat suunnittelijoilta nopeaa reagointia mahdollisiin esteisiin. Pitäisi myös pitää enemmän ja ajoissa suunnittelukatselmuksia pääurakoitsijan, suunnittelijan ja aliurakoitsijan kesken, jotta suunnitelmien muokkaamiselle jäisi paremmin aikaa.

### Ennakkosuunnittelu

Haastatteluissa nousi esiin ennakkosuunnittelun tärkeys ja siihen tarvittava aika. Kummankin pilottihankkeen osalta kaivattiin riittävää aikaa kohteen ennakkosuunnittelulle ja kohteen avainhenkilöiden kiinnittämistä hankkeelle riittävän ajoissa. Kuukausi katsottiin haastattelujen perusteella riittävän ajaksi, jossa pystyttäisiin perehtymään paremmin työvaiheisiin ja suunnitelmiin. Kuitenkaan uusien menetelmien ja ohjelmien käyttöönotossa kuukausi ei ole riittävä aika ennakkosuunnittelulle. Vaikka ennakkosuunnittelulle olisi varattu aikaa sen merkitys olisi jokaisen työnjohtajan ja työmaalla toimivan henkilön ymmärrettävä. Jotta tahtiaikataulu onnistuu, kaiken pitää olla selvää ja työnjohtajien tulee olla perehtyneitä tahdin vaatimiin työvaiheisiin ja suunnitelmiin. Myös pääurakoitsijan ja aliurakoitsija olisi hyvä käydä tarkemmin läpi työvaiheita.

Myöskin tarkat yksityiskohdat olisi saatava kohteesta ajoissa aliurakoitsijoiden tietoon, kuten milloin työmaalla on materiaalitoimitukset, koska työt alkavat ja milloin loppuvat, paljonko varattu aikaa per kerros yms. Nämä yksityiskohdat olisi hyvä saada muutama kuukausi aiemmin, jotta aliurakoitsijatkin ehtivät suunnitella kohteen työt, resurssit ja materiaalilaukset ja -toimitukset.

### Aliurakkasopimusvaihe ja aliurakoitsijan motivointi

Tahtituotannon käyttö kohteessa tulisi ilmaista selkeästi jo tarjouspyyntömateriaalissa. Sitä varten voisi olla olemassa oma erillinen liite, jossa kerrottaisiin tarkemmin YIT:n tavasta tehdä tahtituotantoa ja mitä se edellyttää aliurakoitsijoilta. Haastatteluissa nousi esille, myös se, että työmaan olisi panostettava enemmän hankinnan apuun eli tarjouspyynnöt olisi syytä katselmoida yhdessä läpi ennen niiden eteenpäin lähettämistä.

Hankintoihin pitäisi saada huomioitua päivittäisjohtaminen paremmin sopimusten kautta. Lisäksi työmaan olisi varmistettava paremmin, että hankitaan oikeat materiaalit ja huomioidaan materiaalien pitkät toimitusajat tahtituotannossa.

Haastatteluissa koettiin, että tahdistaviin töihin liittyvät hankinnat pitäisi olla hankittu ennen tahtiaikataulun luomista, mutta se ei ole aina pääurakoitsijasta riippuvaista kilpailu-urakoinnissa. Pilottityömaan 2 haastattelussa toimihenkilö arveli, että aliurakoitsijoita



olisi saanut paremmin motivoitua, jos heidät olisi saanut osallistumaan tahtiaikataulun suunnitteluun heti alusta asti. Sitouttaminen pitäisi lähteä myös enemmän pääurakoitsijalta. Hankkeen alusta asti määrätyt viikoittaiset aikataulukokoukset pitäisi sopia jo hankkeen alussa ja kirjauttaa aliurakkasopimuksiin aliurakoitsijoiden osallistuminen niihin täsmällisemmin. Lisäksi olisi saatava aliurakoitsijat paremmin ymmärtämään, että tahtituo-  
tannosta on heille hyötyä, että he saavat resurssit nopeammin käyttöön muille työmail-  
leen.

Haastatteluissa pohdittiin myös kannustimien käyttöä. Kannustimien osalta kilpailu-  
urakka on vaikea. Aliurakoitsijavalinnat tulevat kilpailutuksen kautta ja muissa urakka-  
malleissa aliurakoitsijat voidaan itse valita, mikä helpottaa yhdessä kehittämistä ja kump-  
panuuksia. Kilpailu-urakan osalta pitäisi tilaajan ja pääurakoitsijan sopia, jos halutaan  
palkita siitä, että urakka valmistuu ajallaan tai nopeammin. Lisäksi rahallisen palkkion  
pitäisi olla merkittävä ja motivoiva. Pilotityömaan 1 toimihenkilön haastattelussa nousi  
esiin rahallinen kannustin. Esimerkiksi, kohteen hankintapaketin budjetin ollessa  
300 000 € ja saatu tarjous olisi 270 000 €, voisi urakoitsijalle esittää, että jos pysytte  
tahtiaikataulussa, lopullinen urakkasumma olisi 285 000 €. Jos ette pysy tahtiaikatau-  
lussa lopullinen urakkasumma olisi 265 000 €. Jos vain osittain pysytään tahdissa, lopul-  
linen urakkasumma määräytyisi sen mukaan, miten on pysytty eli jotain tältä väliltä.  
Tästä pitäisi sulkea pois merkittävät lisä- ja muutostyöt ja niille saada urakoitsijalta oma  
työryhmä, jotta tahtiaikataulun tavoite ei vaarantuisi. Myöskin maksuerätaulukoihin voisi  
sitoa maksuerät siten, että maksuerän työvaiheen valmistumisen lisäksi työt olisivat ai-  
kataulussa. Lisäksi sopimuksiin olisi hyvä saada, jos asiaan voidaan vaikuttaa, että työn-  
tekijät tekisivät työn urakkatyönä ja josta he saisivat rahallisen hyödyn itselleen. Tämä  
voisi sitouttaa työryhmään tehtävään paremmin.

#### Tahtisuunnitelma

Vaikka tahtiaikataulu sai visuaalista kiitosta, sen seuranta saattaa olla haastavaa. Pilot-  
tityömaan 2 toimihenkilön haastattelun perusteella tilaajat arvostavat sitä, että nopealla  
silmäyksellä saadaan käsitys aikataulutilanteesta. Päivätasolle tehtyä tahtiaikataulua  
voisi seurata myös seurantaviivan avulla tai värjäämällä jo tehdyt työt eri värillä, kuin  
pelkästään raksittamalla tehdyt työt vinjetin avulla.

Tahtisuunnitelmaa tehtäessä aliurakoitsijoilta tulisi vaatia realistiset työsaavutukset jo  
sopimusvaiheessa ja sen pohjalta resurssit ilman varauksia, jotta saadaan todellisempi  
kuva työnkestosta ja työryhmän koosta. Varaukset eivät saisi sisältää esimerkiksi sitä,

että työntekijöitä tarvittaisiin toiselle työmaalle, vaan ne tulisi mitoittaa niin, että työn aloitusedellytykset olisivat kunnossa. Lisäksi pääurakoitsijalla tulisi olla laskettuna omat arvioit työvaiheen vaatimista resursseista, jotta niitä voidaan verrata ja tiedetään paljonko resursseja pitää vaatia.

Tahtiaikataulun kuin minkä tahansa muunkin aikataulun teossa pitäisi edelleen muistaa tarkemmin huomioida mm. kuivumisajat. Toisen aliurakoitsijan haastattelussa nousi esiin ehdotus, että tahtiaikataulun työjärjestyksiä voisi vieläkin tarkemmin miettiä tulevaisuudessa. Esimerkiksi tasoite- ja maalaustöiden osalta pintamaalaus tehtäisiin vasta suurimpien taloteknisten asennusten jälkeen, jolloin suurimmilta valmiiden seinäpintojen vioittumisilta ja sotkuilta välttyttäisiin.

### Päivittäisohjaus

Konsernitasolla toimintajärjestelmää ja ohjelmia tulisi kehittää niin, että ne palvelevat tuotantoa. Haastatteluissa koettiin, että päivittäisohjauksessa on olemassa jo paljon työkaluja. Haasteena on asenteen ja ajatusmaailman muuttaminen enemmän lean-ajatusmaailmaan ja unohtaa vanha ajattelutapa. Lean-ajatusmaailmaan kuuluu erityisesti hukan poistaminen. Esimerkiksi keskitettäisiin ammattimiehelle ammattimiehen työt ja tavaroiden haalaus logistiikkaurakoitsijalle. Logistiikan tärkeys nousikin esiin haastatteluissa ja sitä on käsitelty tarkemmin kappaleessa 4.4. Ammattimies ei saisi olla se, joka haalaa tavaraa kerroksiin, vaan olisi käytettävä erillistä logistiikkaurakoitsijaa. Ammattimieheltä ei saisi mennä aikaa tavaroiden etsimiseen ja noutamiseen. Lisäksi ihanneajatus olisi, jos aliurakoitsijat laskisivat lohkolle tarvitsemansa materiaalimäärän ja tilaisivat sen pohjalta tarvittavan materiaalin.

Omantyön suunnittelussa ja suunnitelmiin ajoissa tutustumisella on aina parannettavaa. Päivittäisohjauksen työkalujen käyttöä pitäisi ehkä vielä yksinkertaistaa, jotta kynnys niitä käyttää madaltuisi. Last Planner -menetelmän käyttö pitäisi ottaa työmaan alusta asti työnjohdon käyttöön. Lisäksi tehtäväsuunnitelmat olisi hyvä saada hankintaprosessiin mukaan. Tehtäväsuunnitelmia voisi käyttää hankkeelta toiseen, mutta täydentää aina kohteelle sopivaksi. Myöskin kohteen dokumentointi valokuvien pitäisi saada järkevöitettyä ja paremmin jalkautettua.

Visuaalista johtamista voisi vielä parantaa. Esimerkiksi värjäämällä jo toteutuneet alueet pohjapiirustukseen ja sitä kautta havainnoimaan työntekijälle, että paljonko on vielä jäljellä ja tullaanko työ kokonaisuudessaan saavuttamaan aikataulussa. Lisäksi visuaalista johtamista toimihenkilöiden kesken voisi vielä parantaa, jos esimerkiksi työmaaseinälle tulostettaisiin eräänlainen laadunvarmistusmatriisilakana, jossa väreillä olisi määritelty

kunkin pääurakoitsijan toimihenkilön vastuut, jota vastuuhenkilöt sitten kuittaisivat toteuman mukaan.

Aikataulunäkökulmasta olisi hyvä, jos saataisiin järjestettyä enemmän aikataulunseurantaviikkopalavereita aliurakoitsijoiden kanssa. Mukaan osallistuisivat pääurakoitsijan ja aliurakoitsijan työnjohto sekä nokkamiehet. Pilottityömaiden 1 ja 2 aliurakoitsijoiden haastatteluissa nousi myös esiin urakoitsijakohtainen tahtiaikataulukehityspalaveri, joka voitaisiin järjestää esimerkiksi urakan puolesta välissä. Haastatteluissa uskottiin, että se lisäisi enemmän yhteistyötä. Yleensä aikataulupalaveri pidetään siinä tilanteessa, kun on jo aikataulullisia ongelmia.

Toimihenkilöiden haastatteluissa ilmeni, että pääurakoitsijan päivittäisohjaamisen lisäksi tahtiaikataulun onnistumiseksi myös aliurakoitsijan työnjohdolla pitää olla oma aikatauluvalvonta kunnossa ja aktiivisempi osallistuminen työnjohtamiseen työmaalla. Aliurakoitsijoilla on vielä liika ajatuksena, että pääurakoitsija johtaa heidän työtä. Pääurakoitsija tehtävä on varmistaa, että aliurakoitsijat pysyvät aikataulussa. Erityisesti talotekniikan osalta, jos kaikki talotekniset työt tulevat samalta urakoitsijalta tulisi heiltä vaatia omaa projektipäällikköä, joka ohjaisi heidän työnjohtajiaan ja projektipäälliköltä saataisiin myös tietoa aikataulutilanteesta ja resursseista. Mikäli tämä ei olisi mahdollista tai talotekniikan eri lajit tulevat eri urakoitsijoilta, olisi hyvä, jos työmaalle olisi mahdollisuus omaan talotekniikkakoordinaattoriin pääurakoitsijalta.

#### Nokkamiespalaverit

Haastatteluissa nousi vahvasti esille nokkamiesten tärkeys. Päivittäisjohtamista pitäisi parantaa sen suhteen, että aliurakoitsijoiden työnjohtajien tai nokkamiesten läsnäoloa työmaalla korostetaan. Aliurakoitsijan työnjohtajan kanssa käyty asia voi jäädä vain työnjohtajan tietoon eikä ikinä päädy nokkamiehelle. Haastatteluissa nousikin esille, että mieluiten nokkamiespalavereita korostettaisiin ja niissä käytäisiin läpi (n. 10-15 min) mitä on saavutettu, onko esteitä ja mitä voisi vielä parantaa. Lisäksi parannettavaa olisi jatkuvassa vuoropuhelussa pääurakoitsijan ja aliurakoitsijoiden työnjohdon sekä nokkamiesten kesken.

Haastatteluissa ilmeni erityisesti Pilottityömaan 2 osalta, jossa nokkamiespalavereita yritettiin ottaa käyttöön, että nokkamiespalaverit olisi pitänyt kirjata sopimukseen ja aloittaa heti ensimmäisen työvaiheen ja aliurakoitsijan tullessa työmaalle, jotta se olisi juurtunut paremmin käytäntöön, kuin nokkamiespalavereiden käyttöönotto kesken työmaan. Haastatteluissa myös pohdittiin, että työmaatoimistossa pidettävä nokkamiespalaveri

saattaisi olla sille väärä ympäristö. Koettiin, että nokkamiehet osallistuisivat varmasti paremmin työmaalla pidettäviin lyhyihin palavereihin kuin työmaatoimistossa. Lisäksi ehdotettiin, että työmaalle pitäisi hankkia nokkamiehille oma liikutettava Last Planner -menetelmään pohjautuva taulu, jossa näkyisi lohkon tai kerroksen viikon aikataulutavoitteet. Samalla se olisi nähtävillä kaikille työntekijöille ja sitä käytäisiin pääurakoitsijan työnjohdon ja nokkamiesten kanssa läpi. Lisäksi nokkamiespalavereissa voisi käydä tehtäväsuunnitelman tarkemmin läpi nokkamiesten kanssa.

### Koulutukset

Haastatteluissa kaivattiin vielä lisää koulutusta tahtituotannon ja lean-ajatusmaailman osalta, myös niidenkin toimihenkilöiden osalta, jotka koulutuksessa olivat jo käyneet. Haastatteluissa uskottiin, että näin saataisiin lean-ajatusmaailmaa ja tahtituotanto-osaa mista tehostettua. Haastatteluissa koettiin, että lean-ajatusmaailmaa pitäisi saada ajettua koko yritykselle, myös yrityksen omille työntekijöille asti.

Tahtisuunnittelun osalta olisi hyvä, jos hankkeen lopussa yrityksen ulkopuolelta saataisiin tahtiaikatauluun perehtynyt henkilö antamaan palautetta tehdystä tahtiaikataulusta hankkeen lopussa. Hankkeen alussa olisi myös hyvä olla tukihenkilö.

Lisäksi Pilottityömaan 2 toimihenkilön haastattelussa nousi esiin henkilöstöjohtamisen merkitys. Sitä ei opeteta rakennusalan koulutusohjelmassa, vaikka pitäisi. Olisinkin hyvä, jos yritys voisi järjestää henkilöstöjohtamiseen liittyviä kursseja tai sitten sitä pitäisi lisätä rakennusalan opintoihin.

Lisäksi koulutusta kaivattiin lisää Last Planner -menetelmän käyttöön, sillä kaikilla oli siitä melko erilainen käsitys.

## 5. TUTKIMUSTULOSTEN POHDINTA

Tässä luvussa käsitellään luvun 3 tutkimusaineiston ja luvun 4 haastattelututkimuksen Pilottityömaan 1 ja 2 keskeisiä tutkimustuloksia suhteessa tutkimuskysymyksiin, työn tavoitteisiin ja kirjallisuuskatsaukseen. Luku päättyy tulosten luotettavuuden pohdintaan.

### 5.1 Tahtisuunnittelu

Haghsheno *et al.* (2016) mukaan tahtisuunnittelu alkaa tahdin ja tahtialueiden määrittämisestä, jotka muodostavat tahtiaikataulun. Jotta valmis tahtisuunnitelma saavutetaan, tulee Binninger *et al.* (2017) mukaan käydä läpi kaksitoista vaiheita. Nämä kaksitoista vaihetta on esitetty sivulla 8 Kuvassa 2. Toiminnallisten eli funktionaalisten alueiden määrittely oli otettu huomioon Pilottityömaalla 2. Näitä olivat toimisto, aula, taukotila ja wc-tilat. Pilottityömaan 1 tutkimusaineiston pohjalta oli ainoastaan nähtävillä toiminnallisten alueiden osalta vain A- ja B-lohko. Pilottityömaan 2 osalta Tilajaaja 2 oli määrittänyt kerroskohtaiset valmistumisajat. Nämä oli otettu huomioon hankkeen tahtisuunnitelmassa.

Binninger *et al.* (2017) esittämässä kahdentoista vaiheen tahtisuunnittelun vaiheessa neljä valittu toiminnallinen alue tulee jakaa mahdollisimman pieniin toistuviin rakenteisiin (SSU). Pilottityömaan 2 osalta toiminnallisena alueena toimisto oli jaettu kolmeen lohkoon ja Pilottityömaan 1 osalta koko kerros oli jaettu kahteen lohkoon. SSU:lle pitäisi Binninger *et al.* (2017) mukaan määrittää työvaiheet ja laskea niiden työmäärät sekä yhdistää nämä pienet kokonaisuudet työpaketeiksi. Lisäksi Binninger *et al.* (2017) mukaan työpaketille eli vaunulle määritetään tahtiaika ja tahtialue. Kuten Kuvassa 2 sivulla 8 huomataan vaiheessa kymmenen, että työpaketti voi sisältää eri aliurakoitsijoiden tehtäviä. Kummankaan pilottityömaan osalta ei oltu laskettu työvaiheille työmääriä. Kummassakin hankkeessa resurssien määrä saatiin aliurakoitsijalta. Pilottityömaan 1 osalta vaunujen työvaiheita ei oltu avattu. Pilottityömaan 2 osalta varsinaisia vaunuja ja mistä työpaketeista ne koostuvat, ei oltu määritetty. Pilottityömaan 2 osalta tahtisuunnitelmaa tehtiin päivätasolle, jolloin oli nähtävillä mitä työvaihetta minäkin päivänä missäkin kerroksessa ja loholla tehtiin.

Työpaketteja voidaan Haghsheno *et al.* (2016) mukaan tasapainottaa siten, että tarvittavaa aikaa voidaan pidentää tai lyhentää työntekijöiden lukumäärää muuttamalla (*Improving*), työpaketteja voidaan yhdistää (*Leveling*) tai työvaiheet voidaan muuttaa, opti-

moida tai korvata tuotteilla tai prosesseilla. Pilottityömailla tasapainotusta pyrittiin tekemään erityisesti työvaiheiden työntekijöiden lukumäärää muuttamalla. Lisäksi Pilottityömaalla 2 jouduttiin työvaiheita yhdistämään aikataulumuutosten vuoksi. Tasapainotukset koskivat työvaiheita ei työpaketteja.

Kulta (2018) nosti esille diplomityössään keskustelunsa vuonna 2018 Dlouhyn ja Binningerin kanssa, jossa Dlouhyn ja Binningerin mielestä vaunuihin kannattaa varata noin 10-15 % puskuria, mikäli kaikki ei mene suunnitelmien mukaan. Pilottityömaan 1 osalta ei ollut tiedossa tutkimusaineiston perusteella, että oliko vaunuihin laskettu erillisiä prosentuaalisia puskureita. Kummatkin pilottityömaat olivat kuitenkin tahtisuunnitelmaansa upottaneet puskureiksi ns. tyhjiä vaunuja ja Pilottityömaan 2 osalta tyhjiä päiviä. Myöskin kummallakin työmaalla oli puskurina ilta- ja viikonlopputyöt, mikäli kaikki ei mene suunnitellun mukaisesti. Pilottityömaa 2 piti myös riskivarauskseen aiempaa kerroskohtaista luovutusta aliurakoitsijoille kuin tilaajalle.

Täytyy kuitenkin huomioda, että Pilottityömaan 1 osalta tahtisuunnitelman oli tehnyt hankkeen ulkopuolinen henkilö ja kaikkea tietoa hankkeesta ei oltu dokumentoitu.

## 5.2 Tahtikontrolli ja päivittäisohjaus

Haghsheno *et al.* (2016) mukaan tahtikontrollin tarkoitus on tahdin hallitseminen lyhyellä aikavälillä, jolloin tahtisuunnitelma ei ole kiinteä vaan elää tahtikontrollin avulla. Dlouhy *et al.* (2016) ja Binninger *et al.* (2017) mukaan rakentamisvaiheen toteutusta tulee seurata ja hallita päivittäin lyhyillä tilannekokouksilla, jotka kestävät noin 15 minuuttia ja joihin toteutuksesta vastaavat henkilöt osallistuvat. Näitä tahtikontrolliin liittyviä kokouksia ei onnistuttu kummallakaan työmaalla pitämään päivittäin. Binninger *et al.* (2017) tutkimuksessaan kertovat, että tahtikontrollin avulla työntekijät saataisiin motivoitua osallistumaan kokouksiin ottamalla heidät osaksi ongelmanratkaisuprosessi. Haastatteluissa ilmeni erityisesti Pilottityömaan 2 osalta, että nokkamiespalaverit olisi pitänyt aloittaa heti ensimmäisen työvaiheen ja aliurakoitsijan tullessa työmaalle, jotta se olisi juurtunut paremmin käytäntöön. Haastatteluissa koettiin, että nokkamiehet osallistuisivat varmasti paremmin Dlouhy *et al.* (2016) ja Binninger *et al.* (2017) esittelemiin lyhyisiin kokouksiin ennemmin työmaalla kuin työmaatoimistossa. Lisäksi ehdotettiin, että työmaalle pitäisi hankkia nokkamiehille oma liikutettava Last Planner -menetelmään pohjautuva taulu, jossa näkyisi lohkon tai kerroksen viikon aikataulutavoitteet. Samalla se olisi nähtävillä kaikille työntekijöille ja sitä käytäisiin pääurakoitsijan työnjohdon ja nokkamiesten kanssa läpi.

Päivittäisohjeuksessa käytettäviä työkaluja oli käytössä paljon kummallakin työmaalla tutkimusaineiston, havainnoin ja haastattelujen perusteella. Last Planner -menetelmää käytettiin Pilottityömaalla 1 haastattelujen perusteella talotekniikan osalta ja työnjohton omassa käytössä. Se millä asteella Last Planner -menetelmää käytettiin Pilottityömaalla 1 ei voida tässä tutkimuksessa osoittaa tarkemmin. Last Plannerin käyttöä ei ole dokumentoitu ja tieto sen käytöstä on vain haastattelujen pohjalta. Pilottityömaan 2 osalta Last Planner -menetelmää ei käytetty haastattelujen ja havainnoinnin perusteella toivottu määrin päivittäisjohtamisessa. Muutamassa nokkamiespalaverissa yritettiin nokkamiesten kanssa rakentaa töiden etenemistä ja valmistumista Koskenvesan ja Sahlstedtin (2011) esittelemän Last Planner -menetelmän rakentamisvaihesuunnittelun imuperiaatteen avulla taululle post-it-lapuilla. Koskela ja Koskenvesa (2003) sekä Koskenvesa ja Sahlstedt (2011) esittävät, että Last Planner -menetelmän avulla pyritään poistamaan aloitusongelmat, tehtävän aikaiset ongelmat sekä lopetuksen ongelmat varmistamalla viikkotehtävien aloitusedellytykset 4-6 viikon ajalta. Haastatteluissa koettiin, että Last Planner -menetelmän käytöstä tuntuu olevan monella erilainen käsitys ja koulutukseen ei nähty huonona.

Haastatteluissa nousi esiin estelokin käyttö Pilottityömaalla 1, mutta sen käyttö ei kuitenkaan ollut toivotulla tasolla haastattelujen perusteella. Esteloki otettiin myös haastatteluiden tuomana kehitysideana Pilottityömaalla 2 ja se esiteltiin aliurakoitsijakokouksessa, mutta siltikään sitä ei saatu käyttöön. Tämä koettiin turhana välivaiheena, sillä esteistä keskusteltiin suoraan pääurakoitsijan ja aliurakoitsijoiden kesken joko työmaalla paikan päällä, puhelimesta tai sähköpostitse.

Kummankin pilottityömaan tahtisuunnitelma nähtiin erinomaisena visuaalisuutensa vuoksi. Erityisesti aliurakoitsijoiden haastatteluissa työnjohtajat olivat sitä mieltä, että se luo työntekijälle heti käsityksen aikataulullisista tavoitteista ja omasta työskentelyrauhasta. Visuaalisen johtamisen tärkeys nousikin odotetusti esiin haastattelujen myötä ja pätee Liker & Convis (2012) kirjassa esittämään visuaalisen johtamisen painoarvoon päivittäisjohtamisessa, jolla pystytään selkeyttämään odotuksia, määrittelemään jokaisen osanottajan vastuu ja antaa heille kyvyn seurata omaa edistymistään.

Pilottityömaan 2 hankkeessa päivätasolle vietyä tahtiaikataulua seurattiin valvontavinjetin tavoin. Koskenvesan ja Sahlstedtin (2011) mukaan valvontavinjettien avulla voidaan seurata töiden etenemistä, työkohteiden sitoutumista ja vapautumista eri osatehtävien osalta. Koskenvesan ja Sahlstedtin (2011) esittelemään rastitusperiaatetta käytettiin Pilottityömaalla 2 tahtiaikataulun seurannassa. Raksimerkintöjä merkkasit aikatauluun niin aliurakoitsijat kuin pääurakoitsija. Tämä edesauttoi aliurakoitsijoiden työnjohtoa ja työntekijöitä seuraamaan omaa edistymistään. Pilottityömaan 1 hankkeessa tahtiaikataulun

seurantaa tehtiin aikatauluohjelmalla toteumaprosenttien ja seurantaviivan avulla jana-aikatauluna.

Haghsheno *et al.* (2016) mukaan lean-ajatus ilmenee tahtituotannossa siten, että ylituotanto estetään, toimitusajat lyhenevät ja työvaiheet tasapainotetaan. Samoin Haghsheno *et al.* (2016) mukaan varastot ja odotusajat työvaiheiden välillä lyhenevät, kuljetusta optimoidaan jatkuvan virtauksen avulla ja korkeampi tuotantokapasiteetti otetaan käyttöön. Tahtituotanto onkin keskeinen osa Likerin (2010) Toyotan tapaan -kirjassa esitettyä Toyotan Tuotantojärjestelmän talossa olevaa Juuri oikeaan aikaan -pilaria (JIT). Tämä tarkoittaa sitä, että myös logistiikka tulisi olla sidottuna tahtisuunnitelmaan, jotta tahtituotanto olisi mahdollista. Logistiikan tärkeys nousikin esiin kummankin pilottityömaan haastatteluissa. Ammattimies ei saa olla se, joka haalaa tavaraa kerroksiin, vaan olisi käytettävä erillistä logistiikkaurakoitsijaa. Ammattimieheltä ei saisi mennä aikaa tavaroiden etsimiseen ja noutamiseen. Logistiikka sidottiinkin kummassakin kohteessa tahtiaikatauluun niin, että tavaraa toimitettiin työmaalle vain sovittuina ajankohtina ja vain viikon tai lohkolle tarvittavat materiaalit kerrallaan. Tarvittavat materiaalit tuli haalata sovituille paikoille työmaalla. Kummatkin kohteet olivat työmaa-alueeltaan hyvin ahtaita eikä väliavarastoinnille ollut tilaa. Kummatkin pilottityömaat käyttivät logistiikassa omaa logistiikkaurakoitsijaa.

### **5.3 Aliurakkaprosessi ja aliurakoitsijoiden sitoutuminen tahtituotantoon**

Haastatteluissa koettiin, että tahdistaviin töihin liittyvät hankinnat pitäisi olla hankittuna ennen tahtiaikataulun luomista. Se ei ole kuitenkaan aina pääurakoitsijasta riippuvaista kilpailu-urakoinnissa. Pilottityömaan 2 haastattelussa toimihenkilö arveli, että aliurakoitsijoita olisi saanut paremmin motivoitua, jos heidät olisi saanut osallistumaan tahtiaikataulun suunnitteluun heti alusta asti. Silloin sitoutumisvaiheessa vastuuhenkilöt voivat Koskenvesa ja Sahlstedt (2011) mukaan luvata sen toteutumisen eli antaa luotettavan lupauksen. Macomber esittää (2001) viisi edellytystä luotettavalle lupaukselle:

1. Työntekijälle ja -teettäjälle on selvillä työsuorituksen vaatimukset.
2. Tekijä on pätevä suorittamaan tehtävän.
3. Tekijä on arvioinut työnsuorituksen ajan ja varannut siihen tarvittavan ajan.
4. Tekijä esittää vilpittömän lupauksen työn suorittamisesta.
5. Tekijä seisoo lupauksensa takana toi tulevaisuus mitä tullessaan. Hän ottaa vastuun kaikesta, mikäli lupausta ei voida suorittaa.



Vaikka tutkimusaineiston perusteella keskeisimmissä aliurasopimuksissa oli huomioitu kummankin pilottityömaan osalta sama kirjaus tahtituotannon käyttämisestä, kaivattiin aliurakkasopimuksiin haastattelujen perusteella tarkempia kirjauksia, joilla aliurakoitsijoita voitaisiin vielä paremmin sitouttaa. Lisäksi sitouttaminen pitäisi lähteä myös enemmän pääurakoitsijalta. Hankkeen alusta asti määrätyt viikoittaiset aikataulukokoukset pitäisi sopia jo hankkeen alussa. Lisäksi olisi saatava aliurakoitsijat paremmin ymmärtämään, että tahtituotannosta olisi heille hyötyä, että he saisivat resurssit nopeammin käyttöön muille työmaille.

Haastatteluissa pohdittiin myös kannustimien käyttöä. Lahdenperä ja Koppinen (2003) esittävät, että yleisimmät kannustimet ovat toteutuskustannuksiin ja -aikaan liittyvät kannustimet. Lahdenperä ja Koppinen (2003) mukaan kannustimien käyttö on koettu tärkeäksi, jos rakennushankkeessa on jokin kriittinen tekijä, kuten tiukka aikataulu. Haastatteluissa koettiin, että rahallisten kannustimien osalta kilpailu-urakka on vaikea. Aliurakoitsijavalinnat tulevat kilpailutuksen kautta ja muissa urakkamalleissa pääurakoitsija voi valita aliurakoitsijat, mikä helpottaa yhdessä kehittämistä ja kumppanuuksia. Kilpailu-urakan osalta pitäisi tilaajan ja pääurakoitsijan sopia, jos halutaan palkita siitä, että urakka valmistuu ajallaan tai nopeammin. Tämä tarkoittaa myös tilaajan sitoutumista tahtituotantoon. Lisäksi rahallisen palkkion pitäisi olla merkittävä ja motivoiva. Pilottityömaan 1 toimihenkilön haastattelussa nousi esiin eräänlainen rahallinen kannustin. Esimerkiksi, kohteen hankintapaketin budjetin ollessa 300 000 € ja saatu tarjous olisi 270 000 €, voisi urakoitsijalle esittää, että jos pysytte tahtiaikataulussa, lopullinen urakkasumma olisi 285 000 €. Jos ette pysy tahtiaikataulussa lopullinen urakkasumma olisi 265 000 €. Jos vain osittain pysytään tahdissa, lopullinen urakkasumma määräytyisi sen mukaan, miten on pysytty tahdissa eli jotain tältä väliltä. Tästä pitäisi sulkea pois merkittävät lisä- ja muutostyöt ja niille saada aliurakoitsijalta oma työryhmä, jotta tahtiaikataulun tavoite ei vaarantuisi.

Pilottityömaan 1 toimihenkilön esittämä esimerkki rahallisesta aikatauluun liittyvästä kannustimesta eroaa hieman Lahdenperä ja Koppinen (2003) esittämästä sivulla 18 olevasta kannustimesta. Lisäksi haastatteluissa ehdotettiin, että maksuerätaulukkoihin voisi sitoa maksuerät siten, että maksuerän työvaiheen valmistumisen lisäksi työt ovat aikataulussa.

Haastatteluissa hankintaprosessit olivat erilaisia hankkeiden välillä, johtuen urakkamuodosta ja tilaajista. Pilotihankkeen 1 osalta pääosa hankinnoista tehtiin ennen töiden aloittamista ja hankinnat tehtiin pääosin neuvottelumenetelmällä eli kutsuttiin urakkaneuvotteluun ne aliurakoitsijat, joista oli hyvät kokemukset. Varsinaista kilpailutusta ei käyty

kuin vain muutaman urakan osalta. Pilottityömaan 2 hankinnat kilpailutettiin ja hankintojen vertailut esitettiin Tilaajalle 2 hyväksyttäväksi. Tilaaja 2 antoi päätöksen jokaisesta hankinnasta. Pilottityömaan 2 aliurakkasopimusprosessi eteni muutoin Junnosen ja Kankaisen (2012) esittelemää aliurakkasopimusprosessin mukaisesti. Aliurakkasopimusprosessikaavio on esitetty sivulla 17 Kuvassa 10. Pilottityömaan 2 hankinnat aloitettiin toukokuussa 2019 ja jatkuivat noin hankkeen puoleen väliin asti. Junnosen ja Kankaisen (2012) mukaan hankinnan valmisteluun kuuluu mm. tehtäväsuunnitelmien tekeminen. Pilottityömaalla 2 tehtäväsuunnitelmia tehtiin kyllä jonkin verran urakkaneuvotteluihin, joissa työnjohtaja kävi niitä läpi.

Tutkimusaineiston ja haastattelujen perusteella nousi esille, että Pilottityömaan 1 osalta tarjouspyyntöasiakirjoissa tahtituotannon käytöstä pilottityömaalla ei oltu mainittu toisin kuin, Pilottityömaan 2 osalta tahtituotannon käytöstä oli mainittu tarjouspyyntöasiakirjojen liitteenä olevassa aliurakkaohjelmassa. Tahtituotanto käytiin kummallakin pilottityömaalla aliurakkaneuvotteluissa läpi. Pilottityömaan 1 osalta haastatteluun osallistunut aliurakoitsijan työnjohtaja oli sitä mieltä, että sillä ei olisi ollut todennäköisesti heidän osalta merkitystä, vaikka tieto tahtituotannosta olisi saatu jo tarjousvaiheessa. Sopimuksen osalta haastateltava aliurakoitsijan työnjohtaja ei nähnyt tarvetta uuden tuotantomallin aiheuttavan lisäkirjauksia vanhaan sopimusmalliin nähden. Tärkeämpänä hän näki, että aloitusedellytykset olisivat kunnossa pääurakoitsijan osalta ja ajoissa sovittuna töiden aloitus- ja lopetusajankohdat sekä tavarantoimituskäytäntö.

## 5.4 Tulosten luotettavuus ja yleistettävyyys

Pilottityömaan 1 haastattelujen osalta oli kulunut melkein vuosi siitä, kun pilottityömaa oli valmistunut. Tämä saattoi vaikuttaa siihen, että asiat eivät ole enää tuoreessa muistissa haastattelutilanteessa. Pilottityömaan 1 osalta haastateltiin neljä toimihenkilöä, ja haastattelutulokset tukivat hyvin toisiaan eikä ristiriitaisuuksia juuri esiintynyt. Haastatteluja Pilottityömaan 1 toimihenkilöiden osalta voidaankin pitää melko luotettavina kyseisen työmaan osalta. Pilottityömaan 1 aineiston osalta dokumentointi oli osittain heikkoa ja vaikea tulkita tiettyjä asioita hankkeen ulkopuolisen silmin. Aineistoon saatiin kuitenkin tarkennuksia ja selkeyttä haastattelujen avulla. Pilottityömaan 1 osalta oli haasteellista saada aliurakoitsijoita haastateltavaksi. Haastateltavaksi saatiin yksi aliurakoitsijan työnjohtaja.

Pilottityömaan 2 osalta haastattelut pidettiin työmaan toimihenkilöiden ja työmaan aliurakoitsijan työnjohdon osalta ennen kohteen valmistumista loka-marraskuun aikana eli noin kaksi kuukautta aiemmin ennen koko kohteen varsinaista luovutusta. Mikäli haastattelut olisi suoritettu vasta kohteen luovutuksen jälkeen, diplomityöteko olisi venynyt

turhan pitkäksi. Joulukuun puolella välissä oli kuitenkin 7. kerroksen luovutus. Tammi-kuun lopussa luovutettiin vasta 2. ja 3. kerros. Marraskuussa 7. kerroksen työt olivat kuitenkin lähes valmiit. 7. kerroksessa oli käynnissä enää taloteknisiä säätöjä ja mittauksia, vika- ja puutelistojen töitä sekä loppusiivousta. Tämän diplomityön tutkimuksen tekijä uskoi, että haastattelutulokset eivät olisi juuri muuttuneet, vaikka haastattelut olisi pidetty helmikuussa 2020 kohteen valmistumisen jälkeen. Pilottityömaan 2 osalta haastateltiin myös neljä toimihenkilöä ja aliurakoitsijoiden osalta yhtä aliurakoitsijan työnjohtajaa. Pilottityömaan 2 osalta havainnointia tapahtui myös tämän diplomityöntekijän osalta.

Haastattelututkimuksen tulosten luotettavuuteen saattoi vaikuttaa se, että jotain oleellista tähän tutkimukseen liittyen jäi kirjaamatta tai haastattelijä ymmärsi haastateltavaa väärin. Haastatteluja ei nauhoitettu. Haastattelujen sisältöjen oikeellisuus pyrittiin takaamaan sillä, että haastattelijä kirjoitti haastattelut puhtaaksi ja lähetti ne haastateltavalle kommentoitavaksi ja vahvistettavaksi. Myös tutkimusaineiston pohjalta on saattanut tapahtua väärinymmärrystä.

Tutkimukseen osallistui yhteensä kymmenen henkilöä, mikä oli hyvä otoskoko, sillä tutkimuksessa käsiteltiin kahta pilottityömaata. Haastattelututkimuksen luotettavuutta pyrittiin parantamaan haastattelemalla kummankin kohteen samassa työtehtävässä työskentelevät toimihenkilöt. Haastateltavaksi saatiin ainoastaan kaksi aliurakoitsijaa. Aliurakoitsijoiden saaminen haastateltavaksi osoittautui haasteellisemmäksi kuin aluksi oletettiin. Haastattelutulokset kuitenkin kahdenkin aliurakoitsijan osalta osoittautuivat melko yhtäläisiksi, vaikka haastateltavat olivat eri työvaiheiden aliurakoitsijoita.

Kirjallisuuskatsauksen lähteet olivat tasapuolisesti sekä suomalaisia että ulkomaalaisia ja julkaisut olivat tuoreita. Erityisesti tahtituotantoon liittyvät lähteet olivat pääsääntöisesti englanninkielisiä. Englanninkielisten lähteiden osalta on saattanut tapahtua käännösvirheitä tiettyjen termien osalta.

## 6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä luvussa käydään läpi, että saavutettiinkö diplomityön tavoitteet ja löydettiinkö tutkimuskysymyksille vastauksia. Luku päättyy jatkotutkimustarpeiden pohdintaan.

### 6.1 Tavoitteiden saavuttaminen

Tutkimuksen tavoitteena oli koota yhteen kahdesta ensimmäisestä YIT Suomi Oy:n tahtituotannolla toteutetusta korjausrakentamisen pilottityömaasta tahtituotannon ja päivittäisohjauksen kehityksen tilanne, jotta niitä voitaisiin hyödyntää tulevissa tahtituotantohankkeissa. Tämä tarkoitti uudenlaisen tuotantomallin, tahtituotannon, omaksumista työmaalla, tuotannonvalvonnan ja -ohjauksen onnistumista ja kehittämistä sekä aliurakoitsijoiden sitouttamista tahtituotantoon.

Tutkimuksessa tuli esille pilottityömaiden tahtituotannon ja päivittäisohjauksen tilanne. Tutkimuksesta sai käsityksen, miten tahtituotanto oli otettu pilottityömailla käyttöön ja kuinka tuotannonvalvonta ja -ohjaus oli onnistunut. Lisäksi haastattelututkimuksessa mietittiin paljon tahtituotannon ja päivittäisohjauksen kehittämistä. Luvuissa 3 ja 4 on esitetty hyvin kattavasti ja onnistuneesti kummankin pilottityömaan tahtituotannon ja päivittäisohjauksen tilanne.

Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä oli ”Miten saadaan aliurakoitsijat sitoutumaan tahtituotantoon?”. Aliurakoitsijan sitouttamiseen löytyi lähdeaineistoa vähän. Lähinnä sitouttaminen painottuu kirjallisuuskatsauksen ja haastattelujen perusteella siihen, että aliurakoitsijoita pitää ottaa mukaan enemmän tuotannonsuunnitteluun ja heti alusta asti. Nokkamiespalaverit nousivat haastatteluissa vahvasti esille. Nokkamiespalavereiden lisääminen työmaalle jokapäiväiseen käyttöön uskotaan olevan paras vaikutus aliurakoitsijoiden parempaan sitoutumiseen. Kummassakaan pilottityömaassa ei oltu käytetty rahallisia kannustimia aliurakoitsijoiden sitouttamisen keinona. Haastatteluissa ne koettiin vaikeaksi kilpailu-urakassa. Hyviä ehdotuksia rahallisten kannustimien käytöstä nousi haastatteluissa kuitenkin esiin.

Toinen tutkimuskysymys oli ”Miten tahtituotantoa valvotaan ja ohjataan?”. Tutkimusaineiston ja haastattelujen pohjalta tahtituotannonvalvonta ja -ohjaaminen ei eronnut tavanomaisen työmaan osalta. Ainoastaan aikataulun seurantaan ja sen luontiin oltiin panostettu enemmän kuin tavanomaisilla työmailla. Aikataulun seurannan ja päivittäisohjauksen apuna käytettiin pilottityömailla valvontavinjettiä tai Last Planner -menetelmää.

Tuotannonohjaukseen on olemassa paljon työkaluja ja niitä käytettiin tutkimuksen perusteella kummallakin työmaalla hyvin. Tosin niiden käyttöä voisi vielä tehostaa. Tuotannonohjaukseen yritettiin Pilottityömaan 2 osalta ottaa ehkä liian monta uutta päivittäisohjauksen työkalua kerralla käyttöön huomioiden, että pilotoitiin muutenkin uutta tuotantomallia. Kummallakin pilottityömaalla oltiin haastattelujen perusteella panostettu logistiikkaan onnistumiseen. Pilottityömaiden logistiikka hoidettiin Juuri oikeaan aikaan eli JIT-periaatteen mukaisesti.

Diplomityön kolmas tutkimuskysymys oli ”Miten tahtisuunnittelua ja päivittäisohjausta voidaan parantaa?”. Erityisesti luvun 4 kappaleessa 4.7 esitellään hyvin kattavasti kehitysideoita, joista on varmasti hyötyä uuden tuotantomallin käytön tehostamisessa YIT Suomi Oy:ssä niin korjausrakentamisessa kuin uudisrakentamisessa. Tutkimusaineiston ja haastattelujen perusteella vielä on opittavaa tahtisuunnitelman tekemisessä, kuten tuotannon tasapainottamisessa ja vaunujen rakentamisessa. Haastatteluissa ilmeni kummankin työmaan osalta, että tahtiaikataulusta pitäisi osata jättää joitain työvaiheita tahtituotannon ulkopuolelle eikä sitoa kaikkea tahtiin. Erityisesti muutostyöt koettiin haastatteluissa haasteena tahtituotannolle. Lisä- ja muutostyöt, tietenkin niiden laajuudesta riippuen, tulisi jättää tahdin ulkopuolelle ja niille tulisi varata oma työryhmä, jotta tahti ei vaarantuisi. Lisäksi uuden tuotantomallin haaste on asenteen ja ajatusmaailman muuttaminen enemmän lean-ajatusmaailmaan ja unohtaa vanha ajattelutapa.

## 6.2 Jatkotutkimusalueet

Jatkotutkimusalueita nousi esiin kirjallisuuskatsauksen ja haastattelututkimuksen perusteella. Esiin nousseet jatkotutkimusalueet ovat nokkamiespalaverit, tämän tutkimuksen kehitysideoiden käytön jalkauttaminen uusille tahtituotantotyömaille ja rahallisten kannustimien käyttö kilpailu-urakassa.

Ensimmäinen jatkotutkimusalue on haastattelututkimusten perusteella esiin nousseet nokkamiespalaverit. Niitä ei onnistuttu kummassakaan hankkeessa toteuttamaan niin kuin oli tarkoitus. Kappaleessa 4.7 haastattelututkimuksen kehitysideoissa nostettiin esiin erilaisia vaihtoehtoja, miten nokkamiespalavereita kannattaisi järjestää. Nokkamiespalavereiden osalta voisi tutkia erilaisia tapoja, jolla saataisiin tehokkain palaveritapa esiin ja parhain sitoutuminen tuotantoon. Myös nokkamiesten haastattelua kannattaa harkita.

Toinen jatkotutkimusalue on tahtituotannon kartoitus myöhemmin YIT Suomi Oy:ssä. Silloin tutkittaisiin, kuinka tahtituotanto on saatu jalkautettua ja kuinka tämän työn kehitysideoita on saatu otettua käytäntöön. Lisäksi mielenkiintoista olisi, että onko löydetty taas

lisää uusia kehitysideoita, joilla tahtituotantoa, päivittäisohjausta ja lean-ajattelua on saatu tehostettua.

Kolmas jatkotutkimusalue on rahallisten kannustimien käyttö kilpailu-urakoissa. Tässä tutkimuksessa rahallisia kannustimia ei käytetty kummallakaan pilottityömaalla. Rahalliset kannustimet koettiin hankalaksi erityisesti kilpailu-urakassa. Kannustimien osalta voisi yrittää tutkia tai kehittää hyvää rahallista kannustinmallia, johon tilaaja voisi myös sitoutua.

# LÄHTEET

- Artto, K. A., Martinsuo, M. & Kujala, J. (2006). Projektiliiketoiminta, WSOY, Helsinki, 417 s.
- Binnering M., Dlouhy J. & Haghsheno S. (2017). Technical Takt Planning and Takt Control in Construction. In: LC3 2017 Volume II – Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Heraklion, Greece, pp. 605–612. Saatavissa (viitattu 29.7.2019): <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/iglc-c9034a25-fd80-471c-90d3-c6c657b6d864.pdf>
- Dlouhy, J., Binnering, M., Oprach, S. & Haghsheno, S. (2016). Three-level Method of Takt Planning and Takt Control – A New Approach for Designing Production System in Construction. In: Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, MA, USA, sect. 2 pp. 13–22. Saatavissa (viitattu 27.7.2019): <https://pdfs.semanticscholar.org/817c/17ef1473d18351eccfd3c6f3bd5f23dd5279.pdf>
- Fradson, A., Berghede, K. & Tommelein, I.D. (2013). Takt Time Planning for Construction of Exterior Cladding. Proc. 21<sup>st</sup> Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction. Fortaleza, Brasilia. pp. 527-536. Saatavissa (viitattu 28.7.2019): <https://pdfs.semanticscholar.org/cb70/d7549af9ace31294193b3f5787c774d5fdbbe.pdf>
- Haghsheno, S., Binnering, M., Dlouhy, J. and Sterlike, S. (2016). History and Theoretical Foundations of Takt Planning and Takt Control. In: Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, MA, USA, sect.1 pp. 53–62. Saatavissa (viitattu 27.7.2019): <https://pdfs.semanticscholar.org/269e/994517fa6287547efbeb3cc09557eedcd0dd.pdf>
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2000). Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö, Yliopistopaino, Helsinki, 213 s.
- Howell, G. L. & Macomber, H. (2002). A Guide for New Users of the Last Planner™ System: Nine Steps for Success. Second Draft. November 18, 2002. Lean Project Consulting. 20 s. Saatavissa (viitattu 2.6.2019): [https://www.researchgate.net/publication/266447350\\_A\\_Guide\\_for\\_New\\_Users\\_of\\_the\\_Last\\_Planner\\_System\\_Nine\\_Steps\\_for\\_Success](https://www.researchgate.net/publication/266447350_A_Guide_for_New_Users_of_the_Last_Planner_System_Nine_Steps_for_Success)
- Junnonen, J. & Kankainen, J. (2012). Rakennusurakoitsijoiden hankintakäsikirja, Suomen rakennusmedia Oy, Helsinki, 151 s.
- Koistinen, L. & Koskenvesa, A. (2014). Visuaalinen johtaminen, Rakentajain kalenteri 2014, Rakennusmestarit ja -insinöörit Amk RKL ry, Rakennustietosäätiö RTS ja Rakennustieto Oy, Helsinki, n. 700 s. Saatavissa (viitattu 30.5.2019): <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK140503.pdf>
- Koskela, L. & Koskenvesa, A. (2003). Last Planner -tuotannonohjaus rakennustyömaalla, VTT tiedotteita 2197, Otavamedia Oy, Espoo, 82 s + liitteet 20 s. Saatavissa (viitattu 2.6.2019): <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2003/T2197.pdf>

- Koskela, L., Koskenvesa, A. & Sipilä, J. (2004). Työmaan toimiva tuotannonohjaus, Opas Last Planner™ -menetelmään, Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy, Forssa, 42 s.
- Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. (2011). RATU. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS, Helsinki, 144 s.
- Kulta, I. (2018). Implementing takt planning in structural design. Diplomityö, Tampereen Teknillinen Yliopisto, 64 pp. + 1 appendix page. Saatavissa (viitattu 3.12.2019): <http://urn.fi/URN:NBN:fi:ty-201808212182>
- Lahdenperä, P. & Koppinen, T. (2003). Kannustavat maksuperusteet rakennushankkeessa. Osa 1. Kansainvälinen kartoitus, VTT tiedotteita 2191, Otava-media Oy, Espoo, 145 s. Saatavissa (viitattu 29.7.2019): <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2003/T2191.pdf>
- Lahdenperä, P. & Koppinen, T. (2004). Kannustavat maksuperusteet rakennushankkeessa. Osa 2. Laadittu kehitysjärjestelmä, VTT tiedotteita 2244, Otava-media Oy, Espoo, 145 s. Saatavissa (viitattu 29.7.2019): <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2244.pdf>
- Lehtovaara J., Seppänen O., Heinonen A., Tomunen L., Kulta I., Kujansuu P. & Grönvall M. (2019). Building 2030 – Tahti suunnittelussa ja tuotannossa loppuraportti, Aalto-yliopisto, 45 s. Saatavissa (viitattu 7.7.2019): [https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/2019-02/building\\_2030\\_tahti\\_suunnittelussa\\_ja\\_tuotannossa\\_loppuraportti\\_22.1.201.pdf](https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/2019-02/building_2030_tahti_suunnittelussa_ja_tuotannossa_loppuraportti_22.1.201.pdf)
- Liker, J. K. (2010). Toyotan tapaan, Readme.fi, Helsinki 317 s.
- Liker, J. K. & Convis G. L. (2012). Toyotan tapa Lean-johtamiseen, Erinomaisuuden saavuttaminen ja ylläpito johtajuutta kehittämällä, Readme.fi, Hämeenlinna, 243 s.
- Macomber, H. (2001). Securing Reliable Promises on Projects: A Guide to Developing A New Practice. Lean Project Consulting, Inc. 6 s. Saatavissa (viitattu 2.6.2019): <https://www.leanproject.com/wp-content/uploads/Securing-Reliable-Promises-on-Projects-v-3.11.pdf>
- Modig, N. & Åhlström P. (2018). Tätä on lean: Ratkaisu tehokkuusparadoksiin, Rheologica Publishing, Tukholma, 167 s.
- RT 16-10660 (1998). Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998. RT-kortisto. Rakennustieto, 20 s.
- YIT Oyj Pörssitiedote (2018). YIT:n uusi strategia ja päivitetty taloudelliset tavoitteet – Suorituskykyä yli suhdanteen, YIT Oyj Pörssitiedote 19.9.2018 klo 08.00, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 23.11.2019): <https://www.yit-group.com/fi/news-repository/porssitiedotteet/yitn-uusi-strategia-ja-paivitetyt-taloudelliset-tavoitteet---suorituskyky-yli-suhdanteiden>



## LIITE A: HAASTATTELUKYSYMYKSET

1. Miten tuotanto suunniteltiin ja ketkä osallistuivat suunnitteluun?
2. Miten aliurakkasopimuksissa varauduttiin uudenlaiseen tuotantomalliin?
3. Miten tuotantoa valvottiin ja ohjattiin toteutuksen aikana? Millaisin työkaluin? Ketkä osallistuivat?
4. Miten tuotanto eteni suhteessa aikatauluun? Jos poikkesi niin, mistä syystä? Miten reagoitiin poikkeamaan?
5. Muutettiin aikataulua työn aikana?
6. Miten hanke onnistui suhteessa tavanomaisiin hankkeisiin? Mitä haasteita esiintyi?
7. Miten tahtisuunnittelua, tuotannonvalvontaa ja -johtamista tulee kehittää?